

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»**

**Кузбасский научный центр Сибирского отделения
Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова**

**Кемеровское региональное отделение САН ВШ
ООО «Объединённая компания Сибшахтострой»**

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ
И ПРОИЗВОДСТВЕ
AS' 2019**

**ТРУДЫ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ**

(с международным участием)

**Новокузнецк
2019**

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия

д.т.н., профессор С.М. Кулаков,
д.т.н., профессор Л.П. Мышляев

С 409 Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Мин-во науки и высшего образования РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред.: С. М. Кулакова, Л. П. Мышляева. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. - 382 с.: ил.

ISBN 978-5-7806-0536-2

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам автоматизации управления технологическими процессами и предприятиями, социально-экономическими системами, образованием и исследованиями. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

ОК «Сибшахтострой» (г. Новокузнецк),
ООО «АТЭСКО Сибирь» (г. Новосибирск),
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»
(г. Новокузнецк)

ISBN 978-5-7806-0536-2

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Ивушкин А.А. – д.т.н., профессор, председатель совета директоров ООО «Объединённая компания Сибшахтострой», (г. Новокузнецк), председатель.
2. Бурков В.Н. – д.т.н., профессор, зав. лабораторией ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН (г. Москва), заместитель председателя.
3. Кулаков С.М. – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и информационных систем СибГИУ.
4. Мышляев Л.П. – д.т.н., профессор, профессор СибГИУ, директор Научно-исследовательского центра систем управления (НИЦСУ).
5. Новиков Д.А. – член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор, директор ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, (г. Москва).
6. Спиринов Н.А. – д.т.н., профессор, зав. кафедрой теплофизики и информатики в металлургии УрФУ им.Первого президента Р.Ф. Ельцина Б.Н., (г. Екатеринбург).
7. Хомченко В.Г. – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и робототехники ОмГТУ (г. Омск).
8. Шурыгин Ю.А. – д.т.н., профессор, директор департамента управления и стратегического развития, ТУСУР, (г. Томск).

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Протопопов Евгений Валентинович – д.т.н., профессор. Ректор СибГИУ – председатель.
2. Кулаков Станислав Матвеевич – д.т.н., профессор, профессор кафедры автоматизации и информационных систем СибГИУ – зам. председателя, тел.: (3843) 74-88-06.
3. Мышляев Леонид Павлович – д.т.н., профессор, профессор СибГИУ, директор Научно-исследовательского центра систем управления – зам. председателя, тел.: (3843) 74-88-06.
4. Ляховец Михаил Васильевич – к.т.н., доцент СибГИУ, зав. кафедрой АИС - ученый секретарь AS-2019, тел.: (3843)74-88-06.
5. Венгер Константин Геннадьевич – к.т.н., заместитель губернатора Кемеровской области по экономическому развитию, г. Кемерово.
6. Ивушкин Анатолий Алексеевич - д.т.н., председатель совета директоров ООО «Объединённая компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк.
7. Крупин Евгений Александрович - начальник регионального центра эксплуатации АСУ ТП «Сибирь» ООО «Евразтехника», г. Новокузнецк.
8. Островляничик Виктор Юрьевич - д.т.н., проф., профессор кафедры электротехники, электропривода и промэлектроники СибГИУ.
9. Павлова Лариса Дмитриевна - д.т.н., проф., директор института информационных технологий и автоматизированных систем СибГИУ.
10. Темлянец Михаил Викторович - д.т.н., проф., проректор по научной работе и инновациям СибГИУ.
11. Саламатин Александр Сергеевич – технический секретарь конференции, СибГИУ.

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА (К 60 – ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»)

Мышляев Л.П.¹, Евтушенко В.Ф.¹, Ивушкин А.А.²

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

²ООО ОК «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия

Создание новых и модернизация функционирующих промышленных предприятий и социально-экономических структур, удовлетворяющих требованиям цифровой экономики Кузбасса, немыслимо без специалистов по автоматизации управления и информационным системам. Подготовка специалистов такого профиля ведется на кафедре «Автоматизация и информационные системы» СибГИУ с 1959 года. За 60 лет работы кафедрой подготовлено более 2500 инженеров, магистров, бакалавров, 11 докторов и 76 кандидатов наук.

Сотрудниками кафедры - опубликовано 24 монографии в центральных издательствах (Наука, Металлургия), в издательствах университетов России и региональных издательствах, 950 научно-технических статей в международных и отечественных журналах и сборниках трудов, получено 210 авторских свидетельств и патентов на изобретения, том числе и зарубежных. Разработаны и внедрены в промышленность 90 систем автоматизации управления. Получены и выполнены гранты: на проведение фундаментальных и прикладных исследований Российского фонда фундаментальных исследований 14 грантов на сумму более 10 млн. руб., Минобразования (по кооперации вузов и предприятий) на сумму 300 млн. руб.; Минобразования (на фундаментальные исследования) - 4 проекта на сумму 6 млн. руб.

Начиная с 1999 г. по настоящее время, кафедра организовала и провела при финансовой поддержке РФФИ 11 Всероссийских научно-практических конференций «Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве)», с выпуском сборников трудов этих конференций. Установлены и поддерживаются деловые связи с ведущими научными школами страны (Уральский федеральный университет; Сибирский федеральный университет; Московский технологический исследовательский университет; Институт проблем управления РАН).

Теоретические и практические достижения кафедры по автоматизации управления и информационным системам получили не только отечественное, но и международное признание и удостоены премий государственного уровня. За 90 лет работы сотрудниками ВУЗа получено три Государственные премии СССР, из них две – сотрудниками кафедры автоматизации:

- **Государственная премия СССР** в области науки и техники за создание систем автоматизации мартеновских печей, 1947 г. - П.М. Масловский;

- **Государственная премия СССР** в области науки и техники за создание автоматизированных систем с многовариантной структурой для управления производственными комплексами. 1989 г.- В.П. Авдеев, Л.П. Мышляев.

Единственные премии ВУЗа, полученные только кафедрой:

- **Премия Совета Министров СССР** в области науки и техники за комплекс научно-технических разработок по автоматизации управления металлургическим производством. 1981 г.- В.П. Авдеев, С.М. Кулаков, Л.П. Мышляев;

- **Премия Ленинского Комсомола** в области науки и техники и за разработку и внедрение автоматизированной системы управления конверторной плавки стали. 1977 г.- А.Е. Кошелев, Л.П. Мышляев.

Из двух премий Правительства РФ, полученных сотрудниками ВУЗа – одна принадлежит сотрудникам кафедры:

- **Премия Правительства Российской Федерации** в области науки и техники за создание систем автоматизации управления углеобогадательными фабриками и технологическими комплексами угольных шахт. 2009 г.- Л.П. Мышляев, С.Ф. Киселев, А.А. Ивушкин.

Сотрудникам кафедры присвоены звания:

- заслуженный деятель науки и техники - В.П. Авдеев;
- заслуженный изобретатель РСФСР - В.П. Авдеев, Л.П. Мышляев;
- почетный работник высшей школы - С.М. Кулаков, В.Ф. Евтушенко, Т.М. Гулевич.

Получено 32 диплома и медалей Международных и отечественных выставок».

Научная школа кафедры **«Теория и практика систем автоматизации управления на базе натурно-модельного подхода»**, впервые в университете, признана в 2004 году лучшей научной школой Кузбасса.

При кафедре функционирует ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», имеющее лицензии на проведение всех видов работ по созданию систем автоматизации управления промышленными предприятиями. За последние 18 лет центром совместно с проектными организациями (ЗАО «Гипроуголь», ООО «Сибгипрошахт», г. Новосибирск) и промышленными предприятиями (ОК «Сибшахтострой», г. Новокузнецк; ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово и др.) разработано и внедрено 52 автоматизированных комплекса в угольной промышленности (Кузбасс, Якутия, Приморский край, Хакассия и др.) с суммой хозяйственных работ более 400 млн. руб. Разработки центра удостоены 4-х премий **Гран-при крупной Международной выставки «Уголь и Майнинг»**.

Основные научные достижения кафедры заключаются в развитии известных и создании новых направлений теории управления [1-6].

1. Описание технологических процессов на основе кибернетических представлений с привлечением методов математической статистики.

2. Восстановительно-прогнозирующее управление объектами с существенными запаздываниями.

3. Натурно-математическое моделирование сложных систем управления в условиях неопределенностей моделей объектов и действующих на них возмущений.

4. Базовые многовариантные структуры и их конкретизации для различных классов нестационарных систем.

5. Многоканальные активные системы управления в полной мере учитывающие особенности поведения человека в процессе управления.

6. Совместный синтез объектов управления и управляющих систем.

7. Планирование ускоренного создания промышленных комплексов.

8. Прогнозирование состояний и выходов объектов в системах управления.

9. Идентификация объектов сложной структуры в системах управления.

10. Управление объектами с технологической обратной связью (с рециклом).

11. Оценивание и управление структурой материалов на основе представлений нелинейной динамики (фракталов).

12. Синтез идентификаторов в виде замкнутых динамических систем.

13. Основы подобия систем управления.

14. Анализ и синтез систем управления со структурным разнообразием.

15. Многовариантные активные информационно-измерительные системы со встроенными метрологическими блоками.

Библиографический список

1. Масловский П.М. Особенности применения статистических методов по основам автоматического управления доменным процессом / П.М. Масловский, В.П. Авдеев, Т.М. Даниелян // Материалы конференции по основам автоматизированного управления доменным процессом. – Днепропетровск, 1968.

2. Авдеев В.П. Производственно-исследовательские системы с многовариантной структурой / В.П. Авдеев, Б.А. Кустов, Л.П. Мышляев; Инж. акад., Кузбас. фил. – Новокузнецк: Кузбас. фил. Инж. акад., 1992. – 188 с.

3. Емельянов С.В. Теория и практика прогнозирования в системах управления : монография / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и [др.]. – Кемерово : Кузбасвузиздат-АСТШ; Москва, 2008. – 487 с.

4. Емельянов С.В. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев [и др.] – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. – 307 с.

5. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: монография : в 3 т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения/ Л.П. Мышляев, С.Ф. Киселев, С.М. Кулаков, и др.; Л.П. Мышляев, А.А. Ивушкин, Г.П. Сазыкин [и др.] ; под ред. Л.П. Мышляева. – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

6. Теория и практика систем автоматизации управления на базе натурно-модельного подхода : научно-справочное издание / Л.П. Мышляев ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 86 с.

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С НАКОПЛЕНИЕМ ОПЫТА ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Кулаков С.М., Ляховец М.В., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Введение

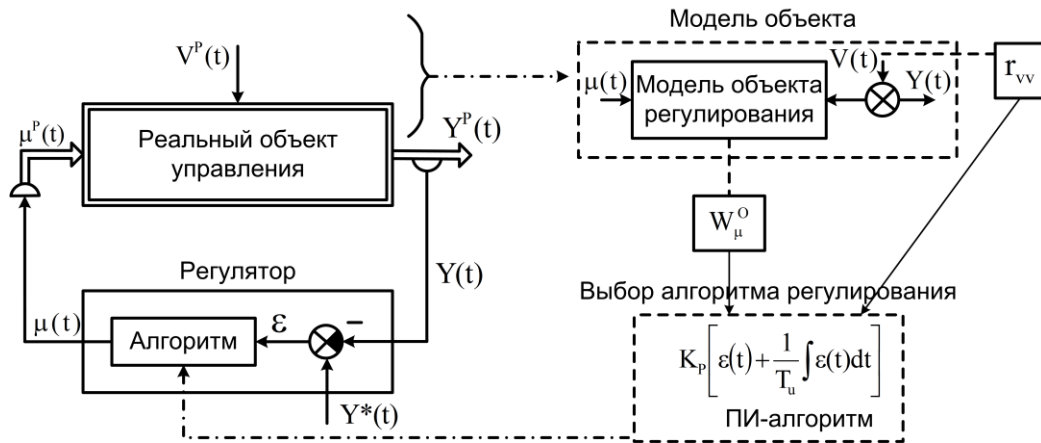
Проблема автоматизированного управления слабо (плохо) формализуемыми (сложными) технологическими объектами (СФТО), к числу которых относятся многие технологические агрегаты и человеко-технические комплексы разных отраслей промышленности, сегодня не может быть признана эффективно решённой на базе традиционного (модельного) подхода. Суть последнего состоит в идентификации объекта управления, то есть в построении математической модели каналов управления и каналов влияния контролируемых возмущающих воздействий объекта, а в случае человеко-технических комплексов – в построении нормативных моделей и синтезе на их основе алгоритмов (механизмов) выработки и реализации управляющих воздействий.

Недостаточная эффективность модельного подхода к созданию систем автоматизированного управления СФТО обусловлена: интенсивностью, сложностью, многосвязностью и нестационарностью внутренних процессов; неполнотой и ошибками контроля многочисленных параметров; многорежимностью работы, многовариантностью выпускаемых продуктов; изменчивостью характеристик объекта в процессе эксплуатации. Перечисленные свойства и особенности СФТО, в сочетании с недостаточной эффективностью управления ими побуждают искать другие подходы к принятию управляющих решений. Например, полезно обратиться к модификации и алгоритмизации широко известной и применяемой в организации деятельности людей концепции «лучших практик» («best practice»), применительно к практикам управления СФТО [1, 2]. В области управления технологическими агрегатами и комплексами агрегатов черной металлургии в этом направлении можно выделить два поднаправления исследования [3-7]. В данном докладе кратко проанализирован традиционный (модельный) подход к построению автоматических управляющих систем [8, 9], [10], [11, 12], дана характеристика двух вышеуказанных натурно-модельных разработок, конкретизирующих лучшие практики управления СФТО в металлургии и, более подробно представлен авторский подход к алгоритмизации накопления опыта управления СФТО, основанный на методе прецедентов [13-15].

1. Традиционный модельный подход к построению систем автоматического управления технологическими процессами

Отличительной особенностью классического метода синтеза алгоритма управления с обратной связью является использование математической модели каналов объекта, а также модели влияния приведённого неконтролируемого возмущения. В простом случае структура алгоритма выбирается из числа типовых (П, И, ПИ, ПИД и др.), а его настройки определяются на основе эмпирических формул или посредством решения задачи оптимизации по крите-

рию минимальной дисперсии ошибок регулирования, рисунок 1, [8, 9].

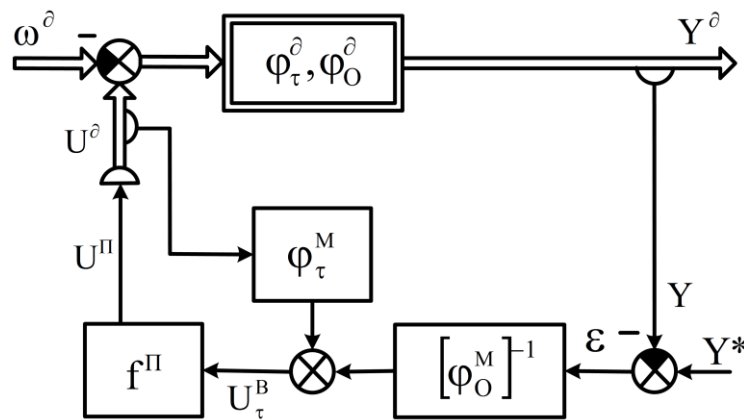


Обозначения: $Y^P(t), \mu^P(t), V^P(t)$ – реальное выходное воздействие, управляющее воздействие, неконтролируемые возмущающие воздействия объекта в момент t ; $Y(t), Y^*(t), \mu(t)$ – измеренное и заданное выходные, а также управляющее воздействие объекта в момент t ; $V(t)$ – эквивалентное возмущение, приведенное к выходу объекта; r_{vv}, W_μ^O – автокорреляционная функция и оператор объекта;

K_p, T_u – настроечные параметры ПИ-алгоритма.

Рисунок 1 – Классическая схема синтеза (выбора) алгоритма регулирования

Оригинальной разработкой профессора СибГИУ В.П. Авдеева и его коллег является ВПР – восстановительно-прогнозируемый регулятор, [10], в структуру алгоритма которого в явном виде входит модель канала регулирования, рисунок 2.



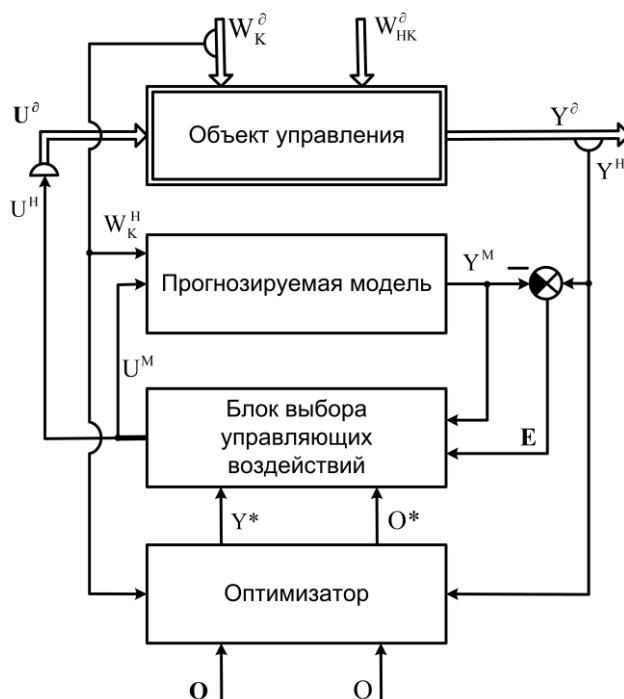
Обозначения: $U^\delta, Y^\delta, \omega^\delta, \phi_0^\delta, \phi_\tau^\delta$ – действительные управляющее, выходное, возмущающее воздействия, а также оператор канала регулирования и оператор запаздывания; Y, U_τ^B, U^Π – выходная переменная, восстановленное идеальное управляющее воздействие, прогнозируемое управляющее воздействие; ϕ_0^M, ϕ_τ^M – модельные операторы канала регулирования и запаздывания; $[\phi_0^M]^{-1}$ – обратный оператор модели канала регулирования; f^Π – оператор прогнозирования; \uparrow, \triangleleft – условное обозначение исполнительного механизма и датчика измерительной информации.

Рисунок 2 - Структура упрощенного ВПР (без компенсатора возмущений и корректирующего контура)

Основными операциями ВПР являются: оценка отклонения регулируемой переменной от задания, ретроспективное восстановление идеального регулирующего воздействия (с использованием обратной модели канала регулирования), коррекция управления с учетом опе-

ратора запаздывания, экстраполяция временного ряда идеальных управляющих воздействий, реализация экстраполированного управляющего воздействия.

Более эффективными, по отношению к типовым системам, и более сложными считаются так называемые системы APC (Advanced Process Control), то есть системы усовершенствованного управления многомерными технологическими объектами, главным компонентом которых является прогнозирующая модель объекта и алгоритмы прогнозирующего управления (Model Predictive Control – MPC), [11,12]. Они нашли широкое применение на нефтеперерабатывающих, химических, целлюлозно-бумажных и других предприятиях мира. Схема системы управления с прогнозирующей моделью показана на рисунке 3. По отношению к ПИД-регуляторам MPC дают на указанных предприятиях эффект в пределах 0,5-5,0 млн. долларов на одну установку в год, [12]. Алгоритм выбора управляющих воздействий использует численную оптимизацию для отыскания управлений U^H на горизонте управления с использованием прогнозов Y^H на интервал динамической памяти объекта.



Обозначения: $U^\delta, Y^\delta, W_K^\delta, W_{HK}^\delta$ – действительные управляющие, выходные, а также контролируемые и неконтролируемые возмущающие воздействия (возмущения) объекта управления;
 U^H, Y^H, W_K^H – натурные сигналы управления, выходные сигналы объекта и сигналы контролируемых возмущений; U^M, Y^M – модельные сигналы управления и выходные сигналы объекта;
 Y^*, O^* – заданные значения выходных воздействий объекта и ограничения на управления;
 Q, O – целевые функции и ограничения оптимизатора.

Рисунок 3 – Структура системы управления с прогнозирующей моделью

Рассмотренные эффективные структуры систем автоматического управления технологическими объектами характеризуются неявным [8, 9] или явным [10-12] использованием функциональной или сущностной модели объекта управления, которая является адекватной длительное время или может быть своевременно обновлена (при существенном изменении свойств объекта) с помощью встроенной в управляющую систему подсистемы идентификации. Такие системы малоэффективны для слабо (плохо) формализуемых объектов, например, коксохимических комплексов, доменных печей, кислородных сталеплавильных конвертеров и дуговых сталеплавильных печей. Для них целесообразно создавать системы управления, основанные не на модельном, а натурно-модельном и (или) натурном подходах, [16].

2. Характеристика известных методов и систем управления СФТО с накоплением

опыта управления

2.1. Прогнозирование и управление на основе множества типопредставительных ситуаций

В работах [3, 4, 5] предложено осуществлять накопление и использование опыта прогнозирования и принятия решений в системах управления в виде множества типопредставительных ситуаций (ТПС). При этом под ТПС понимается взаимосвязанная совокупность: структуры, информационного отображения объекта, внешних и внутренних условий его функционирования, параметров каналов управления и контролируемых внешних воздействий, реализаций приведённых возмущающих воздействий, критериев эффективности управления.

Конечное множество ТПС рассматривается в качестве натурно-модельного блока, на основе которого принимаются управляющие решения и (или) прогнозы. Так, например, в системе прогнозирующего управления коксохимическим производством металлургического комбината используется более 50 ТПС, [5].

Процедура выбора управлений на базе ТПС включает следующие основные действия: сбор данных о текущей ситуации в системе управления; распознавание класса, к которому относится текущая ситуация; принятие эффективного управляющего воздействия (или прогноза), рекомендованного для выбранного класса ситуаций; коррекция рекомендованного воздействия (прогноза) с учётом отличий характеристик текущей ситуации от характеристик типичного представителя класса, реализация сформированного управляющего воздействия. Внедрение метода ТПС подробно представлено в работе [5], которая является наглядным примером эффективного управления СФТО.

2.2. Управление агрегатом циклического действия по образцовым циклам.

В работах [6, 7] рассматривается конкретный пример применения метода управления по образцовым циклам, а именно - управление плавкой стали в кислородном конвертере по образцовым плавкам. Все плавки стали разделены на классы в зависимости от их входных (начальных) и выходных (конечных) переменных. Классификация плавки стали предполагает использование следующих элементов: содержание кремния, марганца, фосфора, серы в жидком чугуна; температура и масса жидкого чугуна; содержание углерода, фосфора, серы в стали; температура стали; основность шлака, минутный расход дутья; положение продувочной фурмы. Диапазон значений каждой из названных переменных разбит на несколько (до 5-ти) поддиапазонов. Такому разбиению соответствует не более 65-ти классов. Если входные и заданные выходные значения переменных предстоящей плавки совпадают с одной из ранее произведенных образцовых (эффективных) плавки, информация о параметрах которых хранится в базе данных, то значения управляющих воздействий для предстоящей плавки принимаются такими же как в найденной образцовой плавке.

Данный метод в своей основе аналогичен методу принятия управленческих решений по типопредставительным ситуациям, ТПС. Но он не предполагает оперативную корректировку управлений с применением пересчетной модели (модели объекта «в малом»), и является примером натурального подхода к управлению СФТО, к которому относится процесс выплавки стали в конвертере.

3. Прецедентный метод накопления и использования опыта принятия решений в человеко-машинной системе управления СФТО

Суть метода принятия решений на основе прецедентов широко известна и наглядно отображается так называемым СВР-циклом прецедентного принятия решения, [13, 14]. Вместе с тем алгоритмические основы прецедентного подхода к принятию управленческих решений в автоматизированных (человеко-машинных) системах управления технологическими процессами находятся, пока ещё, на начальном этапе своего развития, [15, 16, 17].

Прежде всего, необходимо модифицировать СВР-цикл принятия решений, рассматривая его как цикл выработки управляющих воздействий на основе информации о ситуации в системе управления (о внешних воздействиях, параметрах состояния агрегата, выходных воздействиях, прошлых и текущих управлениях, цели управления и ограничениях). На ри-

сунке 4 показан такой модифицированный цикл выработки управляющих воздействий на основе прецедентов (цикл прецедентного управления – ЦПУ).



Рисунок 4 – Модифицированный цикл выработки и реализации управляющих решений в системе управления СФТО

Актуальными задачами, относящимися к модифицированному CBR-циклу (ЦПУ) являются: разработка функциональной схемы системы управления СФТО; построение информационной модели прецедента, выбор наилучшего (оптимального) прецедента из множества актуальных, на данный момент, прецедентов и другие. На примере разработки программы управления предстоящей плавкой стали в кислородном конвертере, включающий количество и моменты дачи шихтовых материалов, графики расхода дутья и положение продувочный формы, массу и ритм подачи шлакообразующих, температуру расплава, разработаны: общая схема системы управления, рисунок 5; структура информационной модели прецедента, рисунок 6.

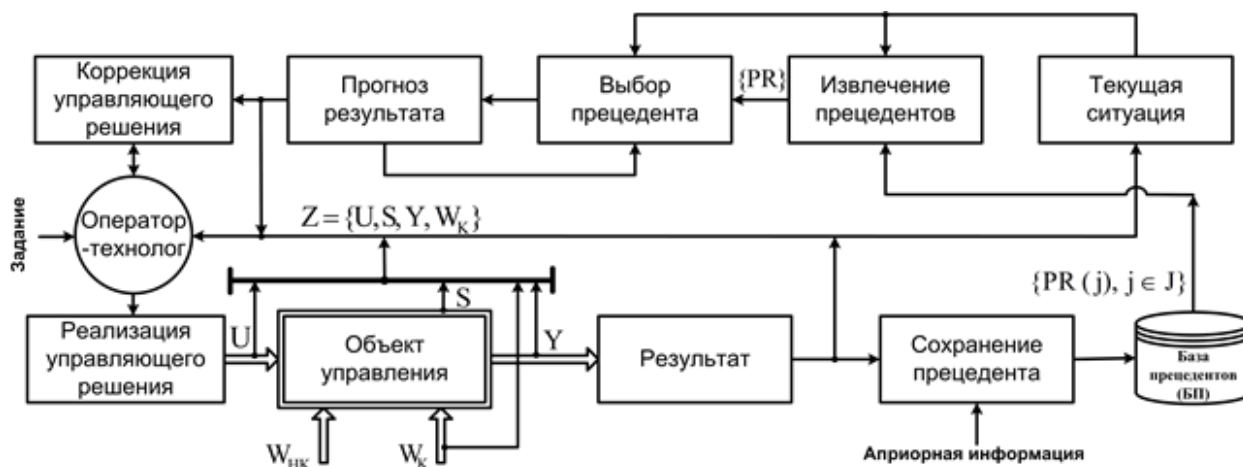


Рисунок 5 – Схема процесса управления СФТО

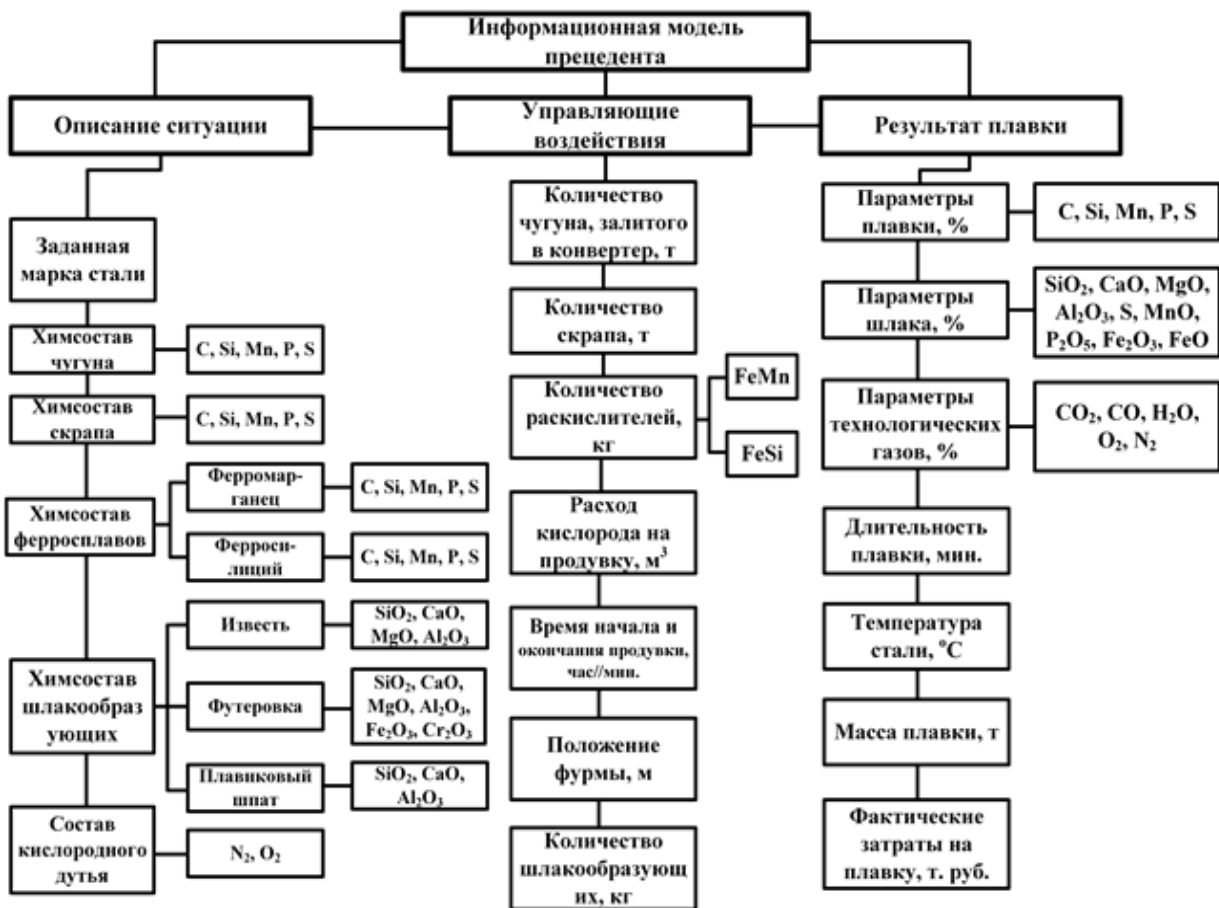


Рисунок 6 – Структура информационной модели прецедента (для синтеза программы управления предстоящей плавкой стали в конвертере)

Важным вопросом, по отношению к принятию решений методом прецедентов является выявление сходства и различий этого метода по отношению к методу ТПС и его частному случаю – методу образцовых циклов. В первую очередь следует указать, что все три рассматриваемых метода (метод ТПС, метод образцового цикла, метод прецедентов) относятся к одному классу методов принятия управляющих решений. А именно, – классу методов, характеризующихся накоплением и последующем использованием данных о ранее реализованных эффективных (а также неэффективных) управлениях, кратко – классу методов с накоплением опыта управления (методов НОУ).

Основными отличиями метода прецедентов от метода ТПС являются:

1) Разные базовые понятия: *типопредставитель* (ТПС), *прецедент*.

Типопредставитель есть характерный, регулярно встречающийся, типовой объект, процесс, ситуация, реализация измерительного сигнала, задача принятия решения.

Прецедент – любой конкретный случай принятия решения, процесс, событие, ситуация, имевшие место (реализованные) в прошлом, аналогичные предстоящему случаю принятия решения, процессу, событию, случаю.

2) Разные концепции принятия управляющих решений (на базе ТПС и на основе прецедентов).

Для выработки управленческого решения на базе ТПС необходимо сформировать множество типовых ситуаций и соответствующих им эффективных решений, из числа которых осуществляется выбор решения для текущей ситуации в системе управления, после отнесения её к какой-либо ТПС.

Для выработки решения на основе прецедентов необходимо создать и online обновлять множество конкретных случаев принятия решений (базу прецедентов), из числа которых осуществляется выбор (и коррекция, если это необходимо) предстоящего решения мак-

симально близкого, по исходным условиям, к оптимальному на данный момент прецеденту.

3) Мощность множества ТПС в системах управления сложными объектами всегда много (на порядки) меньше мощности множества прецедентов. Соответственно метод ТПС не отвечает принципу необходимого разнообразия У.Р. Эшби применительно к СФТО, которые характеризуются очень высоким разнообразием.

4) Методология принятия решений на основе прецедентов используют новые (по отношению к принятию решений на базе ТПС) инструменты, такие как:

- онтология предметной области;
- теория структурного отображения;
- методы построения информационной модели прецедентов;
- нечеткие правила классификации прецедентов;
- методы выбора оптимальных прецедентов;
- методы оценки актуальности и архивирования актуальных прецедентов в реальном времени.

Библиографический список

1. Безгинова Ю.А. Практики управления знаниями в нефтяных компаниях / Ю.А. Безгинова, Т.А. Гаранина, Д.В. Кудрявцев, А.Ю. Плешкова // Открытое образование. 2018. №22(6). – С.27-38. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-6-27-38>.
2. Зимин В.В. Основы управления жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации (лучшие практики ИПЛ) : учебное пособие / В. В. Зимин, А. А. Ивушкин, С. М. Кулаков, К. А. Ивушкин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013. – 500 с.
3. Авдеев В.П. Виды типопредставительств в задачах исследования и управления / В.П. Авдеев, В.Я. Карташов, Л.П. Мышляев, А.А. Ершов. – Кемерово: КемГУ, 1984, 91 с.
4. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. – Кемерово, М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвуиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
5. Мышляев Л.П. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: монография: в 3 т. - Т. 2: Системы автоматизации производственного назначения / под ред. Л. П. Мышляева. – Наука, 2006. – 483 с., ил.
6. Богушевский В.С. Компьютерная модель расчета шихтовки и продувки конвертерной плавки / В.С. Богушевский, Г.Г. Грабовский, В.М. Михайлов и др. // Сталь. – 2006. – № 1. – С. 18—21.
7. Богушевский В.С. Система управления конвертерной плавкой / В.С. Богушевский, Г.Г. Грабовский, Н.С. Церковницкий, В.А. Ушаков // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. – №4. – С 232-235.
8. Ротач В. Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. М.: Энергия, 1973. – 440 с.
9. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. — Москва: МЭИ, 2008. — С. 396. — 400 с
10. Авдеев В.П. Восстановительно-прогнозирующие системы управления : учеб. пособие / В.П. Авдеев, В.Я. Карташов, Л.П. Мышляев, А.А. Ершов. – Кемерово : КемГУ, 1989. – 91 с.
11. Carlos E Garcia, David M Prett, and Manfred Morari. Model predictive control: theory and practice - a survey. Automatica, 25(3):335–348, 1989.
12. Дозорцев В.М. APC-усовершенствованное управление технологическими процессами / В.М. Дозорцев, Д.В. Кнеллер // Датчики и системы. №10, 2005. – 2005. – с. 56-62.
13. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. AI Communications. IOS Press, Vol. 7: 1, pp. 39-59.
14. Варшавский П.Р. Метод поиска решений в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе прецедентов / П.Р. Варшавский, Р.В. Алехин // International Journal "Information Models and Analyses" Vol.2 / 2013, № 4, pp 385-392.
15. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классифика-

ции состояний управляемых объектов / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин // Труды Института системного программирования РАН, том 13, часть 2, 2007, стр. 37-58.

16. Кулаков, С.М. О структуризации пространства подходов к исследованию автоматизированных систем на разных стадиях их жизненного цикла / С.М. Кулаков, Н.Ф. Бондарь В.В. Зимин // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции. Под ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева; Сибирский государственный индустриальный университет. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2011. - С.26-34.

17. Прецедентный подход к формированию программ управления объектами циклического действия / С. М. Кулаков, В. Б. Трофимов, А. С. Добрынин, Е. Н. Тараборина // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве AS`2017 : труды XI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), 14-16 декабря 2017 г. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2017. – С. 11-19. – Библиогр.: с. 19 (18 назв.).

18. Кулаков С.М. Метод прецедентов в системах управления сложными технологическими объектами / С.М. Кулаков, М.В. Ляховец, Р.С. Койнов // Труды Всероссийского совещания по проблемам управления. ВСПУ-2019. Труды [Электронный ресурс], 17-20 июня 2019, Москва. – URL: <http://vspu2019.ipu.ru>.

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В СРЕДЕ ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ В СОЧЕТАНИИ С ВЕЙВЛЕТ-МОНИТОРИНГОМ ТЕКУЩИХ РЕЖИМОВ

Федосенков Д.Б.¹, Симикова А.А.², Федосенков Б.А.²

¹*Сибирская генерирующая компания, г. Москва*

²*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово, Россия*

В технологических схемах производства продуктов различного назначения, связанных с получением многокомпонентных смесей, наибольшая эффективность процессов дозирования и смешивания при получении комбинированных продуктов достигается в непрерывно действующих смесеприготовительных агрегатах. Причем, независимо от типа датчиков расхода, сигналы, формируемые дозаторами, являются нестационарными по частоте и амплитуде. Подобные сигналы не могут быть адекватно интерпретированы стандартными средствами анализа, такими, как преобразование Фурье.

В качестве решения поставленной задачи идентификации текущих режимов работы смесеприготовительного агрегата предложено использовать аппарат вейвлет-преобразований, который позволяет выявлять локальные особенности расходных сигналов как по времени, так и по частоте. В результате рассмотрения методов моделирования процессов непрерывного приготовления смесей выявлена целесообразность исследования их динамики с применением метода пространства состояний, время-частотного вейвлет-анализа и способов, позволяющих описать блок дозирующих устройств как управляемую динамическую систему.

С целью стабилизации материалопотоков на номинальном уровне в рамках предсметельной стадии (что необходимо для получения смесей высокого качества, то есть смесей с малой степенью неоднородности) в работе реализован метод модального управления процессом дозирования, подразумевающий создание условий для поддержания требуемых режимов за счет направленного специфического воздействия на "созвездие" полюсов замкнутой системы дозирования с векторной обратной связью по состоянию путем воздействия на исполнительные механизмы дозаторов. В связи с этим решается проблема так называемых обратных (восстановительных) переходных процессов, являющихся результатом принудительной структурно-параметрической нестационарности системы в случае спорадических

неконтролируемых изменений входных - по отношению к дозирующему устройству (ДУ) – возмущений.

При моделировании БДУ в пространстве состояний, для формирования векторно-матричной модели (ВММ) на основе операторных функций звеньев составляется система дифференциальных уравнений в форме Коши и уравнение выхода. При этом производные первого и выше порядков записываются в виде фазовых переменных состояния, а транспортное запаздывание аппроксимируется полиномиально-степенной дробью Паде либо емкостным запаздыванием, возникающем в цепочке из десяти апериодических звеньев. Представляя набор переменных в виде векторов, а набор параметров в виде соответствующих матриц, получаем векторно-матричную модель блока дозаторов в пространстве состояний.

Итоговая модель дозирующих сигналов расхода спирального и шнекового дозаторов третьего порядка в терминах пространства состояний в виде векторно-матричной модели имеет вид [1]:

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) = -\omega_{d_1}^2 x_1(t) + X_{dm_1} \omega_{d_1} u(t) \\ \dot{x}_3(t) = X_{dO_1} u(t) \\ u_1(t) = x_1(t) + x_3(t) \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{x}_4(t) = x_5(t) \\ \dot{x}_5(t) = -\omega_{d_2}^2 x_4(t) + X_{dm_2} \omega_{d_2} u(t) \\ \dot{x}_6(t) = X_{dm_2} u(t) \\ u_2(t) = x_4(t) + x_6(t) \end{cases}$$

Дозирующий сигнал порционного ДУ, описывается системой дифференциальных уравнений, которая в пространстве состояний примет вид:

$$\left. \begin{cases} \dot{x}_7(t) = \frac{A_0}{2} u(t) \\ \dot{x}_{2l}(t) = x_{2l+1}(t) \\ \dot{x}_{2l+1}(t) = -((q-1)\omega_b)^2 \cdot x_{2l}(t) + u(t) \\ u_b(t) = x_7(t) + \sum x_{2i}(t), \quad i = \overline{4,12} \end{cases} \right\} q = \overline{2,11}, \quad l = \frac{(1-(-1)^q)}{2} + 2q$$

где l – нормированный индекс переменной состояния;
 q – переопределенный номер полной гармоники.

Требование получения смесей высокого качества (с низким коэффициентом неоднородности) подразумевает равномерную (низкофлуктуационную) подачу в смесительный аппарат исходных ингредиентов от блока дозаторов. Поэтому уже на стадии дозирования следует непрерывно контролировать и, соответственно, корректировать текущие режимы работы дозирующих устройств. При этом одномерные (скалярные) сигналы материальных потоков регистрируются в дозаторе посредством тензометрических и/или пьезоэлектрических измерительных преобразователей. Получаемые первичные осциллограммы сигналов зашумлены и нестационарны по частоте, следовательно, в любой момент времени обладают случайно меняющимся мгновенным динамическим спектром. Отобразить такие спектры на визуальном уровне существующими традиционными способами не представляется возможным.

В связи с этим в работе реализован новый подход, в основе которого лежат математические модели и алгоритмы аппроксимации, идентификации и коррекции контролируемых переменных в определенном пространстве. Последнее осуществляется на платформе вейвлет-функций [2] и сформированных на их основе время-частотных вейвлет-тезаурусов Габора. При этом используемая информация о состоянии объекта отображается в вейвлет-среде в формате двумерных / трехмерных квадратичных распределений класса Коэна [3]. В качестве рабочего и настроечного использовались распределения Вигнера и Чуи-Уилльямса.

Суть процедуры управляющего мониторинга сводится к следующему. При изменении структуры спектра временного вектора сигнала, изменяется время-частотная локализация соответствующих элементов (атомов) на карте Вигнера, что должно быть визуализировано и

отслежено мониторинговым комплексом, после чего (при необходимости) формируется корректирующее воздействие на электропривод дозатора.

Учитывая, что в БДУ отдельные дозаторы спорадически (случайно, время от времени) меняют свои выходные сигналы (вследствие варьирования входных воздействий за счет спонтанного изменения физико-механических характеристик поступающих в ДУ ингредиентов), представляется целесообразным наблюдать за общим выходным сигналом расхода БДУ, на вейвлет-карте которого запечатлены все сигналы отдельных ДУ. При этом на мониторе формируются "номинальные" фреймы (специфические окна-рамки – см. рис. 1), на которые проецируются время-частотные атомы вейвлет-распределения (например, распределения Вигнера), соответствующие номинальному режиму дозирования. Для НДУ спирального и шнекового типа такие распределения со стабильной частотой представляют собой тонкие по частоте (по оси ординат) и вытянутые по времени (по оси абсцисс) время-частотные атомы (ВЧА) карты Вигнера. Поэтому в реальных условиях работы дозаторов на вейвлет-карте (W-карте) происходит спорадический выход (девиация) того или иного ВЧА (для НДУ) или группы атомов (для ДДУ) за границы фрейма / фреймов. При этом автоматизированной системой фиксируется очередность нарушения номинальных режимов тех или иных ДУ. Поэтому время обработки W-карты соответствующего ДУ должно быть меньше промежутка времени между актами возникновения двух смежных по времени девиаций ВЧА за границы фреймов двух каких-либо разных ДУ, либо того же дозатора.

При фиксации недопустимой девиации ВЧА за границы фреймов начинает действовать технология модального управления.

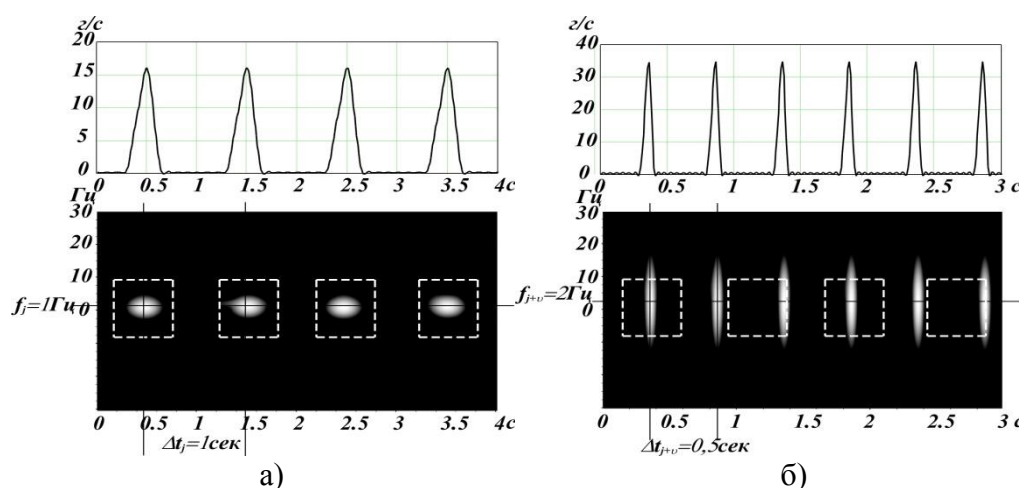


Рисунок 1 – Осциллограммы и их время-частотные карты, соответствующие а) номинальному и б) текущему (возмущенному) режимам работы дозатора порционного типа

Управление процессами дозирования в автоматизированной системе производится в вейвлет-среде на основе алгоритма модального управления. Цель алгоритма – стабилизировать процесс дозирования на предсмесительной стадии на номинальном уровне при флуктуациях выходных потоков вследствие спорадических ступенчатых или экспоненциальных изменений входных воздействий на дозаторы.

Суть проектирования системы модального управления заключается в синтезе замкнутой САУ (ЗСАУ) с обратной связью по полному вектору состояния путем размещения полюсов этой системы с последующим определением матрицы ОС (модального регулятора), формирующей заданную локализацию созвездия полюсов. Синтез путем размещения полюсов основан на использовании модели системы в пространстве состояний.

В реальных производственных системах дозирования бункерные емкости каждого ДУ заполнены материалами исходных ингредиентов, обладающими в каждой емкости различными объемными физико-механическими свойствами (например, влажностными характеристиками и/или степенью однородности по своему составу), то в процессе дозирования про-

исходит спорадическое варьирование воздействия материала дозируемого ингредиента на входную (заборную) часть активного органа соответствующего дозатора. Вследствие этого происходит смена частоты дозирующего сигнала (то есть частоты вращения исполнительного механизма дозатора – ИМ ДУ) в переходном режиме, что в итоге приводит процесс дозирования к новому установившемуся частотному режиму, который не соответствует номинальному, требуемому на предсмесительной стадии.

При поступлении более однородного и сухого (менее увлажненного) вещества ИМ ДУ раскручивается, благодаря сбросу нагрузки на рабочий орган дозатора, а частота сигнала материало потока при этом возрастает до тех пор, пока не стабилизируется на новом установившемся уровне с новой, неноминальной, производительностью. При повышении же нагрузки на рабочий орган ДУ картина - противоположна. В том и другом случае требуется воздействовать на ЗСАУ с модальным управлением с целью стабилизации материального потока на номинальном уровне. Но поскольку воздействие на входе и реакция на выходе ДУ уже стабилизировались на новом уровне, требуется воздействовать на внутреннюю структуру ЗСАУ таким образом, чтобы изменить структурно-параметрические свойства системы. Таким образом, требуется создать эффект принудительной структурно-параметрической нестационарности за счет смены локализации "созвездия" полюсов ЗСАУ.

Следовательно, при раскрутке ИМ ДУ (то есть при повышении частоты сигнала в результате снижения нагрузки (L-сброса) на рабочий орган ДУ) необходимо - с целью стабилизации режима расхода на номинальном уровне - снизить общий коэффициент передачи ЗСАУ, а также уменьшить значение мнимой сопряженной пары полюсов (для НДУ). Что касается обратного ПП дозирования в ДДУ, то снижать значение мнимых полюсов следует только для наиболее мощных субгармоник первой гармоники Фурье-модели. Модель при этом имеет вид $B_1 \sin \omega_1 t + A_1 \cos \omega_1 t$. Режекция высших гармоник выполняется средствами низкочастотной фильтрации или с помощью высокочастотного режекторного фильтра.

При реализации восходящего обратного ПП после L-наброса (ВОПП) средствами модального управления, восстановление номинального режима дозирования производится по двухэкспоненциальной зависимости вида

$$x(t)_{b/ei} = x(t)_{0b/ei} + x(t)_{mb/ei} \sin[2\pi f_{var}(t - \tau_b) - \varphi_0],$$

где $f_{var} = f_b [1(t - \tau_b)] + (f_e - f_b) ([1(t - \tau_e)] - \exp[-(t - \tau_b) / T_3] T_3 / (T_3 - T_4) + \exp[-(t - \tau_b) / T_4] T_4 / (T_3 - T_4))$ – изменение мгновенной частоты чирп-сигнала (сигнала с время-зависимой частотой) восходящего обратного ПП;

$x(t)_{mb/ei} = x_{mbi} + (1 / T) t, \tau_b \leq t \leq \tau_e$ – изменение амплитуды переменной составляющей ВОПП;

$x(t)_{0b/ei} = x_{0bi} [1(t - \tau_b)] + (x_{0ei} - x_{0bi}) ([1(t - \tau_e)] - \exp[-(t - \tau_b) / T_3] T_3 / (T_3 - T_4) + \exp[-(t - \tau_b) / T_4] T_4 / (T_3 - T_4))$ – изменение аperiodической составляющей обратного восстанавливающего ПП.

Таким образом, полный график переходных процессов при двух циклах варьирования нагрузки (L-наброса и L-сброса), включающий нисходящий прямой (НППП) / восходящий обратный (ВОПП) переходные процессы, а также восходящий прямой (ВППП) и нисходящий обратный ПП (НОПП), имеет вид (рисунок 2а); здесь ось ординат – ось расхода $x(t)$. На рис. 2б отдельно представлены графики восходящего и нисходящего ОПП.

Процедура реализации алгоритма модального управления процессом дозирования, в том числе технология принудительной локализации и релокализации полюсов разомкнутой САУ в условиях нестационарных процессов в системе «исполнительный механизм-ДУ», рассмотрена на примере дозатора непрерывного действия в возмущенном режиме при сбросе нагрузки (при переходном процессе типа НОПП).

Расчет параметров модального регулятора, то есть определение матрицы обратной связи K по полному вектору переменных состояния, сводится к ее расчету по формуле Аккермана [4]:

$$K = [0 \ 0 \ 0 \ 1] \cdot Q_c^{-1} \cdot \alpha(A)$$

где Q_c^{-1} – обратная матрица управляемости; $\alpha(A)$ – матричный полином, сформированный согласно теореме Кэйли-Хэмилтона [5, 6].

Данная матрица непрерывно пересчитывается с временным шагом 10 мс в ходе переходного процесса, чтобы обеспечить его время-частотный (чирп-) характер.

По аналогичным процедурам автоматизированная система рассчитывает параметры модального регулятора для любого дозирующего устройства или блока дозаторов.

Полученные параметры дают возможность задавать требуемые нестационарные полюсы замкнутой САУ с полной обратной связью по состоянию, которые определяет автоматизированная система модального управления по соответствующему алгоритму.

Таким образом, разработанная автоматизированная система модального управления процессом дозирования выполняет функции стабилизации номинального режима работы блока дозирующих устройств на предсмесительной стадии, что способствует получению смесей высокого качества.

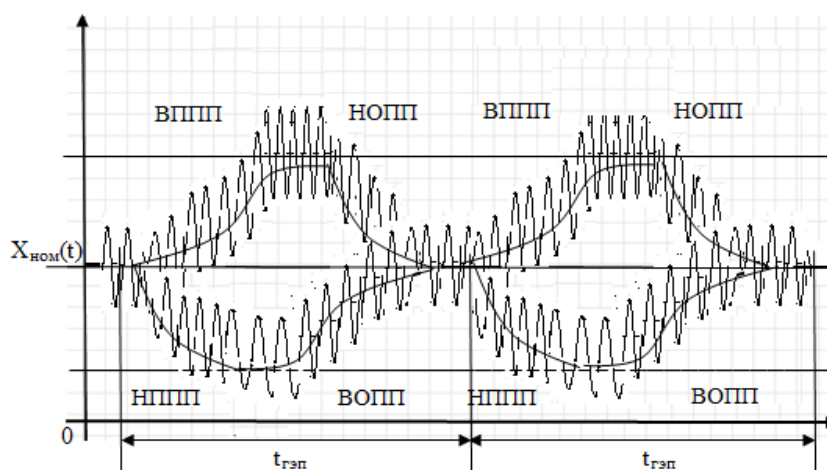


Рисунок 2а – Циклы модального управления процессом дозирования при L-набросе и L-сбросе

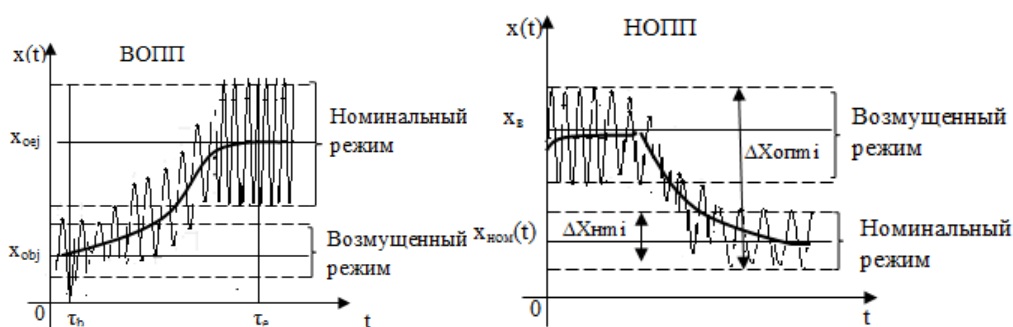


Рисунок 2б – Осциллограммы модального управления процессом дозирования после L-наброса (слева - ВОПП) и после L-сброса (справа – НОПП)

Следует отметить, что все необходимые процедуры, связанные с формированием векторно-матричных моделей объекта управления, оценкой его управляемости и, при необходимости, наблюдаемости, операции по преобразованию 1D-сигналов в многомерные вейвлет-распределения, а также операции по реализации алгебры матриц, используемые при

расчете параметров модального регулятора, при их тестировании в режиме реального времени показали, что требуемая тактовая частота CPU современного компьютера в составе автоматизированной системы модального управления не превышает 500 МГц.

Библиографический список

1. Федосенков, Б.А. Научно-технические основы создания и моделирования автоматизированных систем управления непрерывными смесеприготовительными процессами / Б.А. Федосенков // Авт. реферат дисс. д-ра техн. наук, 05.13.06: М.: Издат. комплекс МГУПП, 2005. 55 с.
2. Малла, С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Малла. М.: Мир, 2005. – 673 с.
3. Auger, F., Chassande-Mottin, E. Quadratic time-frequency analysis I: Cohen's class / in "Time-frequency analysis: concepts and methods", ISTE. - 2008 (January). – pp. 131-163.
4. Ackermann, J.E. Der Entwurf linearer Regelungssysteme im Zustandsraum, Regelungstechnik und Prozessdaten Verarbeitung / J.E. Ackermann. – 7 (1972). – P. 297-300.
5. Стрейц, В. Метод пространства состояний в теории дискретных линейных систем управления / Пер. с англ. Под ред. Я.З. Цыпкина. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. – 1985. – 296 с.
6. Ким, Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебное пособие / Д.П. Ким. – М.: Физматлит, 2004. – 464 с.

О НАТУРНО-МОДЕЛЬНОМ ПОДХОДЕ И ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ

Евтушенко В.Ф.¹, Ивушкина А.А.², Венгер К.Г.³, Мышляев Л.П.⁴, Макаров Г.В.⁴

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

²ОК «Сибшахтострой», г. Новокузнецк, Россия

³Администрация Кемеровской области, г. Кемерово, Россия

⁴ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия

Направления исследований в рамках научной школы «Теория и практика систем автоматизации на базе натурно-модельного подхода» кафедры автоматизации и информационных систем СибГИУ связаны с решением широкого круга задач по созданию систем автоматизации управления (САУ) промышленными комплексами (предприятиями, цехами, технологическими процессами и агрегатами).

Постановки и решения задач базируются на использовании натурно-модельного подхода, [1,2] который представляет собой тесную интеграцию модельного и натурального подходов. Первый опирается на использование теоретических методов и эффективен только для идеализированных схем, удовлетворяющих, как правило, очень жестким исходным предположениям. Второй базируется на эвристических соображениях, полученный практический опыт без должного теоретического обоснования. Несомненно, что каждый из них обладает своими конкретными достоинствами. Однако присущие им недостатки не позволяют добиться желаемых результатов при их раздельном применении.

Совместное использование этих подходов с разумным учетом их достоинств, а также методов внутри каждого из них дает возможность эффективно проводить все этапы разработки, внедрения и развития в ходе эксплуатации всех видов обеспечения и функций САУ.

Такой комплексный натурно-модельный подход прошел многолетнюю теоретическую и практическую проверку при автоматизации управления в горной и металлургической отраслях промышленности [1]. Полученные здесь результаты показали высокую эффективность модернизированных и созданных вновь САУ промышленными комплексами. Все применяемые методы и алгоритмы, полученные на базе натурно-модельного подхода, удовлетворяют жест-

ким ограничениям на объем и качество априорной информации, присущим натурным действующим САУ, в частности, отсутствию адекватных математических моделей «в большом»; ограниченными возможностями проведения активных экспериментов на объектах в режимах их рабочей эксплуатации; минимальным сведениям о свойствах различного рода возмущений; непредвидимым возможным изменениям целей управления; замене компонентов сырых материалов; модернизации самих объектов управления в ходе эксплуатации и т.п.

Реализация натурно-модельного подхода позволяет в полной мере учитывать все требования к разработке и внедрению современных САУ: ограниченные сроки проектирования, пусконаладки и вывода на запланированные показатели; опережающую реализацию информационных функций системы еще при подготовке объекта к испытанию и опытной эксплуатации; введение в действие всех элементов управляющей подсистемы одновременно с технологическим и вспомогательным оборудованием.

Одним из важных инструментов натурно-модельного подхода являются методы и алгоритмы натурно-математического моделирования с использованием типопредставительных ситуаций (ТПС), которые развивают общую концепцию натурно-модельного подхода в моделировании систем управления. При натурно-математическом моделировании в качестве натурной части используются действующие системы управления, представленные в виде их информационного отображения [3].

Информационное отображение объекта (системы) управления представляет собой упорядоченное во времени и пространстве множество зарегистрированных реализаций, отражающих динамику входных, выходных воздействий и переменных состояния объекта (системы), а также ограничения на диапазон их изменений [3].

Под ТПС понимают предназначенную для отображения характерных фактических свойств и условий функционирования натуральных объектов (систем управления в целом) следующую взаимосвязанную совокупность элементов:

- структуры объекта;
- информационные отображения объекта;
- признаки, характеризующие внешние и внутренние условия функционирования объекта, и области их допустимого изменения;
- структуры и значения параметров математических моделей каналов преобразования отклонений управляющих и контролируемых внешних воздействий в отклонения выходных воздействий (пересчетных математических моделей), области их работоспособности;
- реализации приведенных к выходу и (или) управляющему входу возмущающих воздействий или их аналогов;
- критерии эффективности функционирования САУ [3].

Конечное множество ТПС рассматривается в качестве натурно-модельного блока, методы и способы разработки и применения которых составляют основу натурно-математического моделирования. [3].

В состав моделирующих комплексов информационные отображения действующей системы управления подключаются посредством особого класса пересчетных математических моделей. Натурные звенья производственной системы с подключенными к ним пересчетными моделями позволяют получить количественную оценку того, что было бы на выходе действующего объекта, если вместо решений рабочей управляющей системы были бы реализованы модельные решения, например, исследовательского характера. Последовательное развитие натурно-математического моделирования с необходимым его методическим и алгоритмическим обеспечением содержится, например, в работах [4-6].

Разработанные в рамках научной школы «Теория и практика систем автоматизации на базе натурно-модельного подхода» кафедры автоматизации и информационных систем СибГИУ научные основы натурно-модельного подхода в настоящее время продолжают развиваться и использоваться для эффективного решения широкого спектра прикладных задач автоматизации управления. Область эффективного применения этого подхода позволяет учитывать существенно большую часть свойств, особенностей и условий функционирования натуральных

действующих объектов и систем управления. В частности, это относится и к таким САУ, объекты управления в которых функционируют при наличии большой неопределенности, резких и существенных изменений внешних воздействий, в том числе и неконтролируемых.

Преимущества применения натурно-модельного подхода, в частности, натурно-математического моделирования с привлечением ТПС и поисковых методов оптимизации по сравнению с другими подходами, например, с прецедентным подходом, несомненны.

Во-первых. Решения, полученные с помощью прецедентных подходов, являются только лучшими среди некоторого конечного множества решений, накопленных по опыту управления на конечной предыстории функционирования рассматриваемого объекта управления. И они (эти решения) могут быть далекими от оптимальных значений по целевым критериям функционирования САУ. В то же время решения, найденные с помощью натурно-математического моделирования с использованием ТПС и поисковых методов, могут быть оптимальными по этим критериям с требуемой точностью. Другими словами, натурные реализации управляющих воздействий могут быть скорректированы, в том числе и в процессе рабочего управления, с применением пересчетных математических моделей, как элементов ТПС, обеспечивая тем самым более высокий (по сравнению с зафиксированным на предыстории) уровень качества управления САУ.

Во-вторых. Результаты решений, полученные на конечной предыстории данных собственного функционирования, являются, в общем-то бесперспективными для рассматриваемой САУ, так как они не могут обеспечить более высокое качество управления по сравнению с зафиксированными на предыстории. В принципе они, конечно, могут несколько повысить оценку его среднего уровня, но не выше, чем для лучшего прецедента.

Одним из важных условий эффективного применения натурно-модельного подхода является наличие натурной действующей САУ и предыстории ее функционирования, что позволяет сформировать по результатам ее работы базу данных ТПС. Это условие может не выполняться, например, на этапе создания новой системы управления, когда по этой системе не существует опробованных решений. Соответственно, нет и базы типопредставительных ситуаций. Для ее формирования требуется проведение активных экспериментов, что не всегда возможно, или обработка большой выборки данных с достаточным количеством информативных участков. Формирование такой базы после запуска объекта приводит к потере продукции, снижению качества, значительным затратам, пока система не настроена.

Выходом из такой ситуации может быть использование других, уже действующих САУ для формирования базы данных ТПС создаваемой системы. Для новых объектов и систем управления ими, чаще всего специально разрабатывают их физические (лабораторные или полупромышленные) модели. Формирование базы ТПС для создаваемых систем с использованием таких моделей возможно в том случае, когда доказано подобие натуральных и модельных систем управления [7]. Разработанные для таких исследований модели должны включать управляющую систему и опираться не на известные для объектов и процессов критерии традиционной теории подобия, а обеспечивать подобие системы управления в целом, поскольку замыкание объекта управления обратными связями (отрицательными, положительными) ведет к изменению закона преобразования внешних воздействий без какого-либо вмешательства в структуру и свойства самого объекта. При использовании таких физических моделей есть возможность проведения серии запланированных экспериментов на большом диапазоне изменений рабочих значений технологических переменных, для различных базовых уровней, которые в производстве могут существенно меняться в зависимости от исходного сырья, требований к общей производительности или нерегламентированной смене оборудования.

Подобные системы управления характеризуются точным или приближенным равенством целевых показателей эффективности управления. Для оценивания такого подобия в некоторых частных случаях сформированы показатели [8], включающие характеристики разомкнутой модели объекта управления, возмущающих воздействий и системы управления,

а в случае выполнения условий подобия даны правила пересчета с физической модели на натурные объекты и системы управления.

В заключении отметим, что при решении практических задач целесообразно исходить из принципа: нет «плохих» методов, есть «неправильное» их применение. При этом под «правильным» применением понимается обязательное наличие соответствия между предпосылками, ограничениями, характеризующими область эффективного применения используемых методов, и свойствами, особенностями и условиями функционирования натуральных систем, для которых эти методы применяются.

С этой точки зрения натурно-модельный подход обладает рядом достоинств. В частности, он эффективен для нелинейных систем, функционирование которых характеризуется высоким уровнем неопределенности, вызванной, например действием широкого спектра неконтролируемых возмущений, в том числе и при резких и значительных изменениях. А при сочетании с методами теории подобия применительно к системам управления он дает хорошие результаты и при создании САУ новыми технологическими процессами и комплексами.

По сравнению с прецедентным подходом натурно-модельный подход, выполняя функционально близкие алгоритмические операции обработки данных предыстории собственного функционирования, существенно выигрывает в определении конечных результатов. В частности, за счет использования дополнительных алгоритмических блоков здесь осуществляется не только выбор из предыстории одного из вариантов управляющих решений, как это делается в прецедентном подходе, но и ведется их корректировка с целью получения оптимальных результатов.

Библиографический список

1. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т2: Системы автоматизации производственного назначения / Под ред. Л.П. Мышляева. – Наука, 2006. – 483 с., ил.
2. Мышляев Л.П. Построение и применение натурно-модельных комплексов / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, А.Е. Щелоков. – М.: Электрика, 2000. – 48 с.
3. Емельянов С. В. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С. В. Емельянов, С. К. Коровин, Л. П. Мышляев и др. — Кемерово; М.: Издат. объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат – АСТШ, 2008. – 487 с.
4. Авдеев В.П. К основам натурно-математического моделирования / В.П. Авдеев // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1979. – №6 – с.131-134.
5. Натурно-математическое моделирование в системах управления: учеб. пособие / В.П. Авдеев, С.Р. Зельцер, В.Я. Карташов, С.Ф. Киселев; КемГУ. – Кемерово, 1987. – 85 с.
6. Тараборина Е.Н. Разработка и применение для технологических объектов многовариантных структур с приобъектно-пересчетными моделями: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Е.Н. Тараборина; СМИ. – Новокузнецк, 1993. – 23 с. : граф. – Библиограф.: с. 25.
7. Мышляев, Л.П. Понятия и условия подобия систем управления / Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Березин Д.Г., Ивушкин К.А., Макаров Г.В. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2012. - №12. –с. 58-60.
8. Макаров Г.В. Оценивание подобия систем управления / Г.В. Макаров, К.А. Ивушкин, В.Ф. Евтушенко, Л.П. Мышляев // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Седьмой научно-практической конференции. – Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2016. – С. 170 – 177.

КОНЦЕПЦИЯ «ИНДУСТРИЯ 4.0». НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ПИРОМЕТАЛЛУРГИИ

Спирин Н.А.¹, Лавров В.В.¹, Рыболовлев В.Ю.²,
Шнайдер Д.А.², Краснобаев А.В.²

¹Уральский федеральный университет имени Первого
Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

²ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат», г. Магнитогорск, Россия

Многие ведущие металлургические компании России объявили о реализации концепции «Индустрия 4.0». Концепция «Индустрия 4.0» определяется масштабами предприятия, его техническими и финансовыми возможностями, готовностью менеджмента компании реализовывать соответствующие задачи. Понятие «Индустрия 4.0» разноплановое и синтезирует в себе целый комплекс различных аспектов – технологических, технических, организационных и др. Некоторые технологические и технические аспекты понятны, понятны их возможности и применимость. Немаловажным фактором успешного продвижения концепции являются организационные аспекты. Сегодня ясно, что реализация проектов требует особых подходов в организации управления проектной деятельностью, так как реализовывать проекты нужно быстрее, зачастую результаты проекта неявные, решения требуют апробации в виде пилотов и т.п.

Для реализации Концепция «Индустрия 4.0» разработана программа, в которой обозначены следующее одно из важнейших направлений развития – построение «Умного предприятия». Данное направление связано, в первую очередь, с интеллектуализацией работы технологического персонала, решением задач моделирования, оптимизацией технологических процессов, системами поддержки принятия решений по различным аспектам деятельности предприятия. При проектировании и реализации информационных системы речь должна идти о создании цифрового двойника объекта и бизнес-процессов, а систему автоматизации следует рассматривать как часть единого информационного пространства предприятия. Такой подход позволит создать единую информационную основу для реализации комплекса мер по оптимизации и повышению эффективности работы как отдельных агрегатов, цехов, производств, так и предприятия в целом. Одно из направлений развития «Индустрии 4.0» — создание интеллектуальных систем, управляющих технологическим процессом агрегата в режиме реального времени. При этом моделирование систем управления становится основополагающей частью этого процесса.

Методологической основой создания моделей технологических процессов являются общая теория систем и системный анализ. При использовании этой методологии модель технологических процессов состоит из математических моделей не только отдельных элементов, но и взаимодействия между элементами и внешней средой, описываемых оператором взаимодействия (взаимосвязи). В идеале математическое описание каждого элемента должно включать уравнения, параметрами которых являются только физико-химические свойства веществ. Однако получить такое фундаментальное описание свойств всех элементов, их взаимосвязей и при существующем уровне знаний и исследований некоторых явлений металлургических процессов не всегда представляется возможным. В связи с этим требуется развитие и других подходов для моделирования сложных технологических процессов в пирометаллургии. Оценивая в целом состояние реально функционирующих систем оптимального управления технологическими процессами и их комплексами в металлургии, следует констатировать, что существует внутренняя причина слабого внедрения систем такого класса, особенно сложных. Необходимо объединение современной теории оптимального управления с математическими моделями технологических процессов.

Проиллюстрируем эти положения на примере доменного процесса. В истории науки и

техники отечественные ученые-доменщики оказались пионерами в создании систем автоматического управления технологическими процессами. Но надежды, что удастся дать полное математическое описание доменного процесса, не оправдались [1–10]. Современный уровень математического описания явлений в доменной печи не позволяет вскрыть все тонкости доменного процесса. Увеличение сложности модели, числа учитываемых факторов не всегда повышает надежность результатов моделирования. В силу изложенного прогноз показателей плавки и оценки хода основных процессов в печи могут эффективно выполняться на основе простых зависимостей для процессов тепло-, массообмена и газодинамики, совмещенных с балансовыми уравнениями, основанными на зональном рассмотрении процесса. Эти зависимости легко контролируются известными данными практики» [4]. При этом найдет применение натурная информация о работе доменной печи, появится возможность адаптации модели в темпе с процессом, а результаты моделирования можно будет легко контролировать по фактическим (натурным) данным. Использование отдельных статистических зависимостей (например, степени прямого восстановления железа от расхода восстановителей, степени использования оксида углерода от расхода топлива и др.) в балансовых методах по расчету расхода кокса положило начало развитию балансово-статистических методов доменного процесса [2, 11]. Для решения широкого класса задач в области анализа и прогнозирования доменной плавки, в частности, определения расхода кокса, производительности печи и других показателей доменной плавки эффективно используются материально-тепловые балансы и балансово-статистические методы. В основу модели теплового состояния современной доменной плавки УрФУ–ММК положены закономерности теплообмена [3]. Перспективным для решения рассматриваемых задач оказался натурно-математический подход, разработанный в Сибирском индустриальном университете [12, 13]. В нем предусмотрено выделение двух моделей — базового состояния и прогнозирующей. Модель базового состояния по натурным данным о параметрах и показателях работы печи позволяет оценивать показатели состояния системы и использовать их для расчета коэффициентов настройки (адаптации) прогнозирующего блока модели. Прогнозирующая модель способна оценивать проектные показатели доменного процесса при изменении условий плавки относительно текущего состояния.

Используя методологию системных исследований, последующее совершенствование модели доменного процесса путем учета особенностей теплового, газодинамического, дутьевого и шлакового режимов, реально доступной информации о работе доменной печи, неравномерности распределения материалов и газов значительно расширили возможности модели УрФУ–ММК. Разработка программного обеспечения с использованием современных технологий позволяет решить комплекс технологических задач по управлению доменной плавкой [14–19]. При разработке моделей этих подсистем параметрической идентификации широко использовались достижения других ведущих отечественных научных школ в области исследования и математического моделирования доменного процесса, а также хорошо проверенные на практике эмпирические уравнения. Основой моделей этих подсистем остаются фундаментальные физические представления о процессах доменной плавки.

Для контроля ряда технологических параметров широко используется типовая стандартная аппаратура отечественного и импортного производства. За последнее десятилетие в отечественном и зарубежном доменном производстве опробованы специальные средства измерения технологических параметров, не применявшиеся ранее, однако вопросы обеспечения достоверности первичных данных в системах контроля распределения материалов и газов, непрерывного контроля состава и физических свойств шихтовых материалов, загружаемых в печь, жидких продуктов плавки на выпусках, контроля положения и формы зоны вязкопластичного состояния материалов и др. остаются открытыми. Недостаточный уровень контроля важнейших параметров доменной плавки снижает эффективность работы систем моделирования: разработка соответствующих датчиков и измерительных систем — первоочередная задача.

Практика эксплуатации систем уровня АСУ ТП, использующих моделирование, показала целесообразность разработки и внедрения помехозащищенных математических моде-

лей, которые ориентированы на надежные технические средства измерения и контроля. В связи с этим требуются усовершенствование системы оценки достоверности получаемой информации, а также возможность проверки результатов расчетов и теоретических предположений в темпе с процессом. Один из перспективных и эффективных методов построения помехозащищенных моделей применительно к доменному процессу заключается в выборе структуры модели, в которой наименее достоверные данные используются таким образом, чтобы ошибки, вызванные ими, не приводили к существенным погрешностям результатов моделирования [20]. Такой подход позволяет рассчитывать производительность, показатели теплового, газодинамического и шлакового режимов, используя блоки наиболее достоверных исходных данных.

Анализ современного состояния управления доменной плавкой позволяет сделать вывод о необходимости повышения эффективности доменной плавки на основе разработки динамической подсистемы поддержки принятия решений и создании совокупности алгоритмов модельной системы поддержки принятия решений, позволяющих количественно оценивать ход доменной плавки и распознавать виды и вероятность отклонения плавки от нормального режима. В последние десятилетия активно разрабатываются и новые подходы к оценке состояния и управлению плохо структурированными технологическими процессами: экспертные системы, системы распознавания образов. Целесообразность их использования обусловлена, во-первых, исключительной сложностью явлений, свойственных доменному процессу, во-вторых, существенным развитием теории моделирования знаний, в-третьих, созданием мощных баз данных реального времени технологических параметров. Перспективным направлением следует считать интеграцию опыта инженерно-технологического персонала по управлению доменной плавкой и методов математического моделирования, в основу которых положены фундаментальные физические представления о процессах доменной плавки. Подсистема диагностики состояния и отклонений хода доменной плавки от нормального режима в режиме реального времени отслеживает показатели доменной плавки и на их основе в численном выражении указывает на возможные отклонения от нормального режима. В случае обнаружения таких отклонений подсистема определяет их вид и вероятность возникновения [14, 16, 21, 22].

В концепции «Индустрия 4.0» предусматривается существенное развитие алгоритмического и программного обеспечения для решения комплекса технологических задач не только на отдельных доменных печах, но и в современных автоматизированных информационных системах крупнейших металлургических предприятий России. В целом анализ используемых математических моделей в практике технологии ведения доменной плавки показывает огромный разрыв между потенциальными возможностями средств автоматизации и возможностями используемого программного обеспечения. В ближайшие годы предстоит создание автоматизированной системы анализа и прогнозирования производственных ситуаций доменного цеха на основе разработки и применения новых методов и алгоритмов, позволяющих оценивать показатели работы доменных печей за любой требуемый период, а также прогнозирования работы доменных печей и цеха в целом при изменении технологических режимов. При постановке и решении требуются не только изучение характеристик, описывающих влияние изменения условий плавки на технико-экономические показатели плавки работы отдельных печей, но и детальный анализ для математического описания внешних и внутренних ограничений. Необходимо создание сложной экономико-математической модели и программного обеспечения по оптимальному управлению технологии доменного цеха. В ПАО «ММК» для решения этих задач разрабатывается автоматизированная система анализа и прогнозирования производственных ситуаций доменного цеха. Реализуются подсистемы [16–19]:

– формирования и сопоставления отчетных показателей работы доменного цеха, расчета материальных балансов, балансов отдельных элементов, что позволит оперативно получать достоверную информацию для контроля и сравнения отчетных показателей работы доменных печей и цеха в целом в разные периоды;

- анализа и прогнозирования теплового режима доменной плавки, включая блоки расчета теплового баланса, комплекса показателей тепловых режимов, расхода кокса в базовом и проектном периодах работы доменных печей в случае планируемого изменения видов и свойств железорудного сырья, флюсов, дутьевых параметров, состава жидких продуктов плавки;
- анализа и прогнозирования шлакового режима доменной плавки, включая блоки расчета состава и свойств конечного шлака в базовом и проектном периодах работы доменных печей в случае планируемого изменения видов и свойств железорудного сырья, флюсов, дутьевых параметров, состава жидких продуктов плавки;
- анализа и прогнозирования газодинамического режима доменной плавки в базовом и проектном периодах работы доменных печей при планируемых изменениях видов и свойств железорудного сырья, дутьевых и других параметров;
- выбора оптимального состава доменной шихты, что позволяет с учетом заданных технологических ограничений на шлаковый, газодинамический и тепловой режимы доменных печей определять необходимое соотношение шихтовых материалов, расход флюсов и состав агломерата для обеспечения его заданной основности;
- прогнозирования содержания кремния в чугуне в режиме реального времени;
- информационно-логической системы распознавания вида отклонения доменной плавки от нормального режима.

Выводы

1. Одним из направлений концепции «Индустрия 4.0» является формирование «Умного предприятия» на основе создание интеллектуальных систем управления технологическим процессом агрегата в металлургии в режиме реального времени.
2. Анализ в целом состояния вопроса по реально используемым математическим моделям в практике показывает: в настоящее время разрыв между потенциальными возможностями средств автоматизации и реальными возможностями используемого программного обеспечения огромен.
3. Первостепенные проблемы:
 - совершенствование существующих и разработка новых компьютерных методов получения и оценки достоверности информации о состоянии технологического процесса;
 - использование современных достижений в области математического моделирования, моделирования знаний, теории и практики современной металлургии, теории управления при разработке автоматизированных систем управления;
 - разработка на основе современных принципов соответствующего математического, алгоритмического и программного обеспечения.

Библиографический список

1. Юсфин Ю.С. Металлургия чугуна. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 774 с.
2. Рамм А.Н. Современный доменный процесс. – М.: Металлургия, 1980. – 304 с.
3. Китаев Б.И., Ярошенко Ю.Г., Лазарев Б.Д. Теплообмен в доменной печи. – М.: Металлургия, 1966. – 355 с.
4. Товаровский И.Г. Доменная плавка. – Днепропетровск: Пороги, 2009. – 768 с.
5. Большаков В.И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. – Киев: Наукова думка, 2007. – 411 с.
6. Андронов В.Н. Экстракция черных металлов из природного и техногенного сырья. Доменный процесс. – Донецк: Норд-Пресс, 2009. – 377 с.
7. Бабарыкин Н.Н. Теория и технология доменного процесса. – Магнитогорск: МГТУ, 2009. – 257 с.
8. Доброскок В.А., Кузнецов Н.А., Туманов А.И. Математические модели процессов газодинамики и восстановления в доменной печи // Изв. вузов. Черная металлургия. 1985. №3. С. 145–146.
9. Дмитриев А.Н. Математическое моделирование доменного процесса. – Екатеринбу-

бург: УрО РАН, 2011. – 162 с.

10. Овчинников Ю.Н., Мойкин В.И., Спирин Н.А., Боковиков Б.А. Нестационарные процессы и повышение эффективности доменной плавки. – Челябинск: Metallurgia, 1989. – 120 с.

11. Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса. – М.: Наука, 1991. – 92 с.

12. Емельянов С.В., Коровин С.К., Мышляев Л.П. [и др.]. Теория и практика прогнозирования в системах управления. – М.: Российские университеты, 2008. – 487 с.

13. Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф. Прогнозирование в системах управления. – Новокузнецк: СибГИУ, 2002. – 358 с.

14. Спирин Н.А., Ипатов Ю.В., Лобанов В.И. [и др.]. Информационные системы в металлургии; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2001. – 617 с.

15. Онорин О.П., Спирин Н.А., Терентьев В.Л. [и др.]. Компьютерные методы моделирования доменного процесса; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 301 с.

16. Спирин Н.А., Рыболовлев В.Ю., Лавров В.В. [и др.]. Совершенствование информационно-моделирующих систем в пирометаллургии (на примере доменного производства) // Сталь. 2019. № 2. С. 8-12.

17. Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю. [и др.]. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: ООО УИНЦ, 2014. – 558 с.

18. Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю. [и др.]. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 465 с.

19. Спирин Н.А., Лавров В.В., Паршаков С.И. [и др.]. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии. – Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2006. – 307 с.

20. Загайнов С.А., Онорин О.П., Гилева Л.Ю. Разработка и внедрение математического и программного обеспечения для гибких технологических режимов работы доменных печей // Сталь. 2000. № 9. С. 12–15.

21. Соловьев В.И. Экспертная система для диагностики и регулирования хода доменной печи / В.И. Соловьев, В.А. Краснобаев, Ю.А. Сарапулов, Е.А. Павлов // Теория и практика производства чугуна: труды международной научно-технической конференции. – Кривой Рог: Изд. Криворожского технического университета, 2004. – С. 484–487.

22. Трофимов В.Б., Кулаков С.М. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами. – М.: Инфра-Инженерия, 2017. – 232 с.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Мышляев Л.П.¹, Венгер К.Г.², Грачев В.В.¹

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

²Администрация Кемеровской области, г. Кемерово, Россия

Большинство работ по цифровизации экономики направлено на решение проблем формирования и представления данных о функционировании социально-экономических и технических комплексов. Значительно меньше внимания уделяется вопросам развития и, что более важно, разработки принципиально новых подходов и методов управления с использованием качественно новых цифровых данных.

Проблемы формирования данных, построения математических моделей и алгоритмов управления следует рассматривать не как отдельные направления, а как составные *неотъемлемые части* общей проблемы управления [1, С. 8; 2, С. 95-98]. Отсюда вытекают требования к формируемым данным по точности, своевременности и т.д., а также требования к математическим моделям, адекватности, сложности и т.д. [3, С. 12-13]. Несоблюдение этих требований нарушает «системность» подхода и может привести не только к малоэффектив-

ным, но и негативным последствиям.

Не следует забывать, что первая волна цифровизации экономики семидесятых-восьмидесятых годов прошлого века в основном на промышленных предприятиях показала как положительные результаты, так и проблемы эффективной реализации и пути их возможного решения [4, С. 82]. К числу положительных результатов следует отнести в первую очередь освобождение от рутинной работы по составлению отчетной документации практически всех служб предприятия. Формируемый большой объем исходных данных, представляемый руководителями различного уровня, не дал ожидаемого эффекта при выработке управленческих решений. Поэтому встал вопрос о разработке новых форм представления информации и, главное, построение автоматизированных систем именно управления, а не только информационных систем. Для этого потребовалась разработка алгоритмов управления, эффективных для реальных условий функционирования предприятий, и подготовка соответствующих квалифицированных кадров, способных разрабатывать и эксплуатировать системы управления.

Говоря о цифровых двойниках, необходимо выделить два направления.

Первое. Построение цифровой модели имеющегося объекта (системы) для последующей оптимизации. Здесь имеются принципиальные ограничения, на которые указывают

а) Л. Льюнг [5, С. 19] «Реальная система отличается от построенной нами математической модели. Можно сказать, что *мир математических описаний отделен от реального мира непреодолимым, но прозрачным экраном*. Глядя на этот экран-окно, мы можем сравнивать некоторые особенности физических систем и соответствующих им математических моделей, но никогда не сможем гарантировать их точного совпадения»;

б) В.Я. Ротач [6, С.7] «Более пристальное изучение проблемы управления показывает, однако, принципиальную ограниченность методов синтеза, основанных на априорно заданных математических моделях объектов. Дело в том, что синтез системы регулирования по заранее заданной модели объекта был бы логически безупречным, если бы свойства модели точно отражали свойства реального объекта. В действительности же всякая модель отражает эти свойства лишь с некоторой степенью приближения. Соответственно при построении модели объекта необходимо прежде всего выбрать критерий, характеризующий погрешность такого приближения, а также указать допустимую величину этой погрешности. Но сделать это в отрыве от конечной цели построения модели, то есть в отрыве от свойств будущей системы регулирования, принципиально невозможно. Иначе говоря, выбор критерия приближения при построении модели объекта в равной мере зависит как от свойств объекта, так и от свойств будущего регулятора, который будет осуществлять регулирование режима работы этого объекта, а также от выбора показателя цели управления».

С утверждением некоторых авторов [7], что относительно легко построить модель технических объектов, нельзя согласиться, так как многие технологические процессы обладают свойством самоорганизации [8, С. 5-49], а также технические объекты, как правило, являются элементами системы управления, а управляющей подсистемой является человек-оператор. Поэтому рассматривать приходится человеко-машинную, а не чисто техническую систему.

Но и адекватной математической модели недостаточно, так как необходимы правила переноса результатов математического моделирования на объект-двойник, а это натуральный объект. И здесь нужна уже теория подобия. И если теория подобия достаточно хорошо развита для объектов управления, то для систем управления она находится в настоящее время только в зачаточном состоянии [9, С. 56-58].

Второе. Построение цифровой модели еще не существующего объекта (аналитические модели) для целей создания принципиально новых технологий, систем управления и т.д. В этом случае также нужны правила перехода уже цифрового двойника к натурному. О направлении теории подобия такого рода даже и не говорится.

При создании новых технологий, агрегатов, систем, как показывает многолетний опыт [10], более правильно ориентироваться на натурно-модельный подход, рационально объединяя математические и физические модели, а также натурные элементы систем управления.

В заключение следует еще раз отметить, что цифровизация должна быть не ради цифровизации, а ради достижения конечной цели – повышения эффективности управления. Последнего можно достичь, правильно интегрируя различные подходы – модельный, натурный и, главное, натурно-модельный подходы.

Библиографический список

1. С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2007. – 307 с.
2. С.В. Емельянов, Э.Л. Наппельбаум. Основные принципы системного анализа. В сб. Проблемы научной организации управления социалистической промышленности. Под ред. Д.М. Гвишиани, С.Е. Каменицера. М., Экономика, 1974. – 751 с.
3. С.В. Емельянов, С.К. Коровин. Новые типы обратной связи. Управление при неопределенности. – М.: Наука, Физматлит, 1997. – 352 с.
4. Л.П. Мышляев. Вопросы цифровой экономики: состояние, проблемы. / Мышляев Л.П., Венгер К.Г. / Наука и профессиональное образование: национальные приоритеты и региональные драйверы развития: Всерос. науч.-практ. конф. – Кемерово: ГБУ ДПО «ЕРИР-ПО», 2019. – С. 82-83.
5. Л. Люнг. Идентификация систем. Теория для пользователя. Перевод с английского. – М.: Наука, Физматлит, 1991. – 432 с.
6. В.Я. Ротач. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. – М.: Энергия, 1973. – 440 с.
7. В.И. Данилов-Данильян. Экология, гидрология, цифровизация, цифровые двойники и азбучные истины методологии моделирования. / Данилов-Данильян В.И. / Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения. – Сборник научных трудов. – Москва: Студия Ф1, 2019. – С. 497-502.
8. А.А. Колесников. Теория синергетического управления. Таганрог, ТГРТУ, – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 334 с.
9. Л.П. Мышляев. Понятия и условия подобия систем управления / Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Макаров Г.В. и др. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2012. №12. – С. 56-58.
10. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода: Монография в 3-х т. Т.2: Системы автоматизации производственного назначения / Под редакцией Л.П. Мышляева – Новосибирск: Наука, 2006. – 483 с.

СЕКЦИЯ 1

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В РЕГИОНАХ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Литвинцева Г.П.

*Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия*

Цифровая трансформация общества предполагает не только изменение экономических отношений, основой которых становятся цифровые технологии и процессы, но и всей совокупности взаимодействий гражданского общества, рыночной координации и деятельности органов власти и управления. Это понимание согласуется с программными документами Российской Федерации, в которых отмечено, что цифровая экономика «способствует формированию информационного пространства с учетом потребностей граждан и общества в получении качественных и достоверных сведений, развитию информационной инфраструктуры Российской Федерации, созданию и применению российских информационно-телекоммуникационных технологий, а также формированию новой технологической основы для социальной и экономической сферы» [1].

В данной статье представлена часть комплексного исследования, посвященного цифровой составляющей качества жизни населения (КЖН) в России и выполненного при финансовой поддержке РФФИ. Теоретическая основа исследования представлена в публикации [2]. Информационной базой исследования явились официальные данные Росстата, касающиеся развития информационного общества и цифровой экономики в разрезе 85 субъектов РФ (8 федеральных округов) за 2015–2017 гг. [3, 4].

Для расчета российского регионального индекса цифровой составляющей качества жизни населения (РРИЦКЖН) использовался подход интегральной свертки. На основе созданной базы данных и современных методов анализа информации было отобрано 34 показателя, из них 5 имеет негативный смысл и 29 – позитивный. Показатели характеризуют 6 элементов цифровизации жизни населения: качество населения, характеризуемое его цифровыми компетенциями (цифровое качество населения); обеспеченность цифровыми благами (цифровое благосостояние населения); качество трудовой сферы; качество социальной сферы; качество электронных государственных и муниципальных услуг населению; безопасность информационной деятельности населения.

Далее применялась процедура минимаксной нормализации показателей. Минимальные и максимальные значения конкретного показателя определялись по всем регионам за три рассматриваемых года. Примененная нормализация показателей позволяет сравнивать определяемые значения индексов и субиндексов по годам рассматриваемого периода в динамике. Значения субиндексов, сводных индексов по регионам и годам периода определялись как среднее арифметическое нормированных значений соответствующей совокупности показателей. Значение РРИЦКЖН определялось как средневзвешенное значение субиндексов. Значения весовых коэффициентов субиндексов принимались равными доле числа показателей, используемых в расчете каждого субиндекса, в общем числе отобранных показателей. Осуществлялось ранжирование регионов по убыванию интегрального индекса и субиндексов, присвоение регионам рангов по годам рассматриваемого периода, определялось изменение рангов регионов в субиндексах и в российском индексе цифровизации КЖН.

Выполнено несколько серий расчетов, которые позволили увидеть положительные и негативные тенденции, а также дифференциацию цифровых параметров качества жизни населения в регионах РФ. В данной статье остановимся на достижениях и проблемах в регионах Сибирского федерального округа (СФО).

Значение РРИЦКЖН в России в целом увеличилось на 10,1% до 0,525 в 2015–2017 г. По рангу субиндекса на первом месте находится безопасность информационной деятельности населения, на втором – обеспечение населения цифровыми благами, на третьем – каче-

ство электронных государственных услуг населению, на последнем – цифровое качество социальной сферы и услуг. Однако темп роста предоставления электронных государственных услуг населению и цифровизация социальной сферы и услуг существенно опережает темп роста других субиндексов, а индекс безопасности информационной деятельности населения снизился при высоких начальных значениях.

В 2017 г. в Центральном, Северо-Западном и Уральском округах значение индекса было выше российского. За рассматриваемый период укрепились позиции Центрального ФО и снизили свои позиции на один ранг Северо-Западный и Уральский ФО. Наряду с Центральным ФО Южный ФО имеет темпы роста индекса выше темпа роста российского индекса. Сибирский ФО устойчиво занимает пятое место и располагается в рейтинге после Приволжского округа. Замыкает рейтинг округов страны Северо-Кавказский ФО.

В СФО лидирует Томская область со значением индекса 0,531 и 23 местом в РФ (таблица 1). Незначительно от нее отстает Омская область.

Таблица 1 – Динамика и ранжирование индекса РРИЦКЖН в регионах СФО в 2015–2017 гг.

Регион	Значение РРИЦКЖН			Ранг региона в РФ			Изменение ранга в РФ 2017 к 2015	Темп роста индекса (%) 2017 к 2015	Ранг региона в СФО 2017
	2015	2016	2017	2015	2016	2017			
Российская Федерация	0,477	0,497	0,525					110,1	
Сибирский ФО	0,468	0,477	0,507	5	6	5	0	108,3	
Томская область	0,535	0,533	0,531	10	13	23	-13	99,4	1
Омская область	0,461	0,513	0,531	43	21	24	19	115,1	2
Красноярский край	0,490	0,491	0,528	21	33	27	-6	107,8	3
Республика Алтай	0,435	0,418	0,525	61	77	29	32	120,8	4
Кемеровская область	0,479	0,485	0,515	27	43	37	-10	107,7	5
Алтайский край	0,457	0,448	0,515	49	66	38	11	112,7	6
Новосибирская область	0,460	0,483	0,510	47	47	43	4	110,8	7
Иркутская область	0,474	0,491	0,504	33	34	49	-16	106,2	8
Республика Тыва	0,381	0,387	0,483	80	81	61	19	126,8	9
Республика Хакасия	0,453	0,465	0,479	52	57	62	-10	105,7	10
Республика Бурятия	0,436	0,426	0,458	60	76	77	-17	105,0	11
Забайкальский край	0,393	0,434	0,424	77	71	82	-5	107,9	12

Однако в Томской области – единственной в СФО – темп роста индекса упал за 3 года на 0,6 % (ежегодно снижались и ранги в рейтинге РФ), и она занимает последнее место в ФО и 80 место в РФ по этому показателю. Существенно упрочила позиции Республика Алтай (4 место в округе и 29 место в РФ), демонстрирующая вторые по значению темпы роста индекса после Республики Тыва. Столичный в округе регион Новосибирская область (7 место в ФО и

43 место в РФ) имеет практически средний темп роста индекса в округе и России. Кемеровская область в 2017 г. имела ранг 5 в СФО и 37 место в РФ, но на 10 пунктов ухудшила свои позиции за три года. Кроме Кемеровской области значительно ухудшили позиции в РФ Республика Бурятия (– 17 п.), Иркутская область (–16 п.) и Томская область (–13). На последнем месте в округе и 82 месте в России находится Забайкальский край со значением индекса 0,424.

Проанализируем положение субъектов СФО по элементам цифровизации качества жизни населения, т.е. полученным значениям субиндексов (таблица 2).

Таблица 2 – Значения РРИЦКЖН и субиндексов в Российской Федерации и в регионах СФО в 2017 г.

Регион	РРИЦКЖН / ранг в РФ	1. Индекс цифрового качества населения	2. Индекс обеспечения населения цифровыми благами	3. Индекс качества трудовой жизни в условиях цифровизации	4. Индекс качества социальной сферы и услуг в условиях цифровизации	5. Индекс качества электронных государственных услуг населению	6. Индекс безопасности информационной деятельности населения
Россия	0,525	0,510	0,733	0,468	0,395	0,696	0,768
СФО	0,507 / 5	0,462	0,668	0,391	0,415	0,663	0,812
Томская область	0,5311 / 23	0,483	0,627	0,376	0,505	0,663	0,738
Омская область	0,5310 / 24	0,508	0,704	0,351	0,466	0,650	0,809
Красноярский край	0,5278 / 27	0,483	0,697	0,437	0,412	0,798	0,772
Республика Алтай	0,5249 / 29	0,542	0,511	0,551	0,388	0,761	0,825
Кемеровская область	0,5153 / 37	0,416	0,707	0,382	0,471	0,548	0,841
Алтайский край	0,5152 / 38	0,486	0,712	0,384	0,391	0,753	0,828
Новосибирская область	0,5101 / 43	0,464	0,648	0,360	0,436	0,644	0,855
Иркутская область	0,5037 / 49	0,496	0,650	0,437	0,379	0,646	0,836
Республика Тыва	0,4830 / 61	0,458	0,751	0,410	0,312	0,748	0,777
Республика Хакасия	0,4791 / 62	0,360	0,536	0,431	0,457	0,586	0,711
Республика Бурятия	0,4577 / 77	0,338	0,669	0,299	0,375	0,656	0,839
Забайкальский край	0,4243 / 82	0,412	0,523	0,453	0,321	0,417	0,723

По наличию цифровых компетенций у населения в пяти регионах ситуация ниже среднего по округу, в т.ч. в Кемеровской области, однако в 7 регионах – выше средней по СФО. Существенное положительное изменение ранга наблюдается в Республике Алтай. Абсолютный аутсайдер – Республика Бурятия со значением 0,338, уменьшением ранга на 67 позиций, падением темпа роста субиндекса за 2015–2017 гг. до 65,3 %.

Если по цифровым компетенциям населения Новосибирская область (0,464) опережает Кемеровскую (0,416), то по цифровому благосостоянию заметно отстает. На последних местах по этому элементу КЖН – Забайкальский край Республика Алтай.

И Кемеровская, и Новосибирская область имеют цифровые характеристики трудовой сферы ниже среднего показателя по СФО. Очевидно, что потенциал цифрового качества населения полностью не используется в экономике Новосибирской области. Наихудшее положение в Республике Бурятия.

Субиндекс цифровизации социальной сферы и услуг (например, использование населением цифровых технологий для покупки товаров и услуг) в СФО на 0,02 п. выше, чем в РФ, а в Томской, Омской, Кемеровской, Новосибирской области, Республике Хакасия – вы-

ше, чем показатели СФО и РФ. Существенно отстает Республика Тыва (0,312).

Качество электронных государственных услуг населению оценивается выше, чем в РФ и СФО, только в четырех регионах – Красноярский и Алтайский край, Республика Алтай, Республика Тыва.

Индекс безопасности информационной деятельности населения в СФО (0,812) выше, чем в РФ (0,768). Это обеспечивают половина регионов округа, а именно Кемеровская, Новосибирская, Иркутская область, Алтайский край, Республика Алтай, Республика Бурятия.

Кластерный анализ значений РРИЦКЖН регионов РФ на основе использования метода Варда за 2017 г. показал, что при выделении четырех кластеров субъекты СФО распределились следующим образом: в первом российском кластере нет регионов СФО, во втором – 8 (67 % регионов округа), в третьем – 3 (25% регионов округа), в четвертом – один (8 % регионов округа; Забайкальский край).

Эту же ситуацию иллюстрирует таблица 3, в которой отмечены регионы, значения субиндексов которых ниже значений СФО и РФ (РС); ниже значений России, но выше СФО (Р); ниже значений СФО, но выше России (С).

Таблица 3 – Маркеры РРИЦКЖН и его субиндексов, показывающие положение регионов СФО по отношению к среднему значению по округу и России в 2017 г.

Регион	РРИЦКЖН	1. Индекс цифрового качества населения	2. Индекс обеспечения населения цифровыми благами	3. Индекс качества трудовой жизни в условиях цифровизации	4. Индекс качества социальной сферы и услуг в условиях цифровизации	5. Индекс качества электронных государственных услуг населению	6. Индекс безопасности информационной деятельности населения
Томская область (2 кластер)		Р	РС	РС		Р	РС
Омская область (2 кластер)		Р	Р	РС		РС	С
Красноярский край (2 кластер)		Р	Р	Р	С		С
Республика Алтай (2 кластер)			РС		РС		
Кемеровская область (2 кластер)	Р	РС	Р	РС		РС	
Алтайский край (2 кластер)	Р	Р	Р	РС	РС		
Новосибирская область (2 кластер)	Р	Р	РС	РС		РС	
Иркутская область (2 кластер)	РС	Р	РС	Р	РС	РС	
Республика Тыва (3 кластер)	РС	РС		Р	РС		С
Республика Хакасия (3 кластер)	РС	РС	РС	Р		РС	РС
Республика Бурятия (3 кластер)	РС	РС	Р	РС	РС	РС	
Забайкальский край (4 кластер)	РС	РС	РС	Р	РС	РС	РС

Органам управления субъектов Сибирского ФО целесообразно учесть следующие вытекающие из данного исследования выводы. Программы подготовки и переподготовки кадров для цифровой экономики и развития цифровых компетенций населения необходимы в Республике Бурятия, Кемеровской области, Республиках Тыва и Хакасия, Забайкальском крае. Обратит внимание, что обеспеченность населения цифровыми благами ниже средней по СФО в Томской, Новосибирской и Иркутской области, Республике Алтай, Республике Хакасия и Забайкальском крае, т.е. в 50% регионов СФО. Требуется развитие цифровых условий трудовой деятельности в половине регионов округа – Томской, Омской, Кемеровской и Новосибирской области, Алтайском крае, Республике Бурятия. В семи регионах целесообразно повысить цифровое качество социальной сферы и услуг. Это – Красноярский, Алтайский и Забайкальский край, Республика Алтай, Иркутская область, Республика Тыва, Республика Бурятия. Не смотря на реализуемые программы создания электронных правительств оставляет желать лучшего ситуация в 8 субъектах СФО, соответствующие показатели которых ниже среднероссийских. В Томской области, Республике Хакасия и Забайкальском крае оценка безопасности информационной деятельности населения ниже окружного и российского значения.

При разработке региональных программ развития цифровой экономики нуждаются в развитии следующие элементы КЖН:

- Кемеровская область – цифровые компетенции населения, качество трудовой жизни в условиях цифровизации и качество электронных государственных услуг населению;
- Алтайский край – цифровое качество трудовой жизни и социальной сферы и услуг;
- Новосибирская область – обеспеченность населения цифровыми благами, качество трудовой жизни, качество электронных государственных услуг населению;
- Иркутская область – обеспеченность населения цифровыми благами, качество социальной сферы и услуг в условиях цифровизации, качество электронных государственных услуг населению;
- Республика Тыва – в первую очередь цифровое качество населения и качество социальной сферы и услуг;
- Республика Хакасия – цифровое качество населения, обеспеченность населения цифровыми благами, качество электронных государственных услуг населению и безопасность информационной деятельности населения;
- Республика Бурятия и Забайкальский край – практически все направления повышения цифрового качества жизни населения и повышение рейтинга в округе.

Сокращение проблемных зон позволит Сибирскому федеральному округу создать условия для извлечения доходов за счет распространения цифровых технологий и процессов, а значит повысить свой ранг в оценке качества жизни населения в Российской Федерации.

Библиографический список

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 01.03.2019).
2. Литвинцева Г.П., Петров С.П. Теоретические основы взаимодействия цифровой трансформации и качества жизни населения // Журнал экономической теории. – 2019. – № 3.
3. Информационное общество: основные характеристики субъектов Российской Федерации: стат. сборник / М. А. Сабельникова, Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, О. Ю. Дудорова и др.; Росстат; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2018.
4. Индикаторы цифровой экономики: 2017: стат. сборник / Г. И. Абдрахманова, Л. М. Гохберг, М. А. Кевеш и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: НИУ ВШЭ, 2017.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЫРЬЕВЫМИ И ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Гурин И.А., Спирин Н.А., Истомина А.С., Носков В.Ю.

*Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

Доменные печи, функционирующие как единый комплекс, как правило имеют разные технические и конструктивные особенности. Это приводит к тому, что они работают с разной эффективностью при различных условиях. С другой стороны, доменные цеха России работают в условиях нестабильности состава и свойств проплавленного железорудного сырья и кокса. В связи с этим важной является задача оптимального распределения сырьевых и топливно-энергетических ресурсов в комплексе доменных печей, решение которой необходимо для минимизации затрат на сырье и топливо при сохранении заданного производства чугуна [1, 2].

Ранее авторами была разработана балансовая модель теплового, газодинамического и шлакового режимов доменной плавки [3, 4] и создана автоматизированная система прогнозирования показателей работы отдельных печей при изменении режимных параметров (состава и свойств шихтовых материалов, характеристик дутья) [5]. В итоге были определены предпосылки для решения задачи оптимального распределения сырьевых и топливно-энергетических ресурсов всего комплекса доменных печей.

При оптимальном распределении сырьевых и топливно-энергетических ресурсов доменного цеха в качестве управляющих воздействий используются расходы компонентов железорудного сырья и флюсов, расходы природного газа и технологического кислорода на каждой из доменных печей. При выборе оптимальных управляющих воздействий учтена специфика доменной плавки, особенности конструктивных и режимных параметров отдельных агрегатов, комплекс ограничивающих и лимитирующих факторов и состояние как отдельных печей, так и цеха в целом [6, 7]. Для решения этой задачи использован принцип малых отклонений переменных относительно их базовых значений при опорно-возмущенном движении объекта. Такой подход позволил свести задачу оптимизации к линейному математическому программированию [8, 9].

На основе алгоритма оптимального распределения сырья и топлива в комплексе доменных печей была спроектирована и разработана система управления сырьевыми и топливно-энергетическими ресурсами для доменного цеха ПАО «ММК», а также соответствующее программное обеспечение (ПО). ПО представляет собой веб-приложение, разработанное на языке программирования C# на базе фреймворка ASP.NET MVC с использованием программной платформы .NET Framework и её кроссплатформенной реализации .NET Core. Развертывание системы осуществляется на веб-сервере IIS. В качестве источника данных выступает СУБД Microsoft SQL Server 2014, для доступа к данным используется объектно-ориентированная технология Entity Framework. Для решения задачи оптимизации выполнена интеграция с математическим пакетом MATLAB и библиотекой Microsoft Solver Foundation.

Рассмотрим последовательность работы инженерно-технологического персонала доменного цеха при планировании работы цеха с помощью разработанного ПО.

Оптимальное распределение сырья и топлива в планируемом периоде работы (проектном периоде) осуществляется на основе известных показателей работы доменных печей и цеха в целом за прошедший период работы (базовый период), в качестве которого по умолчанию принимается последний месяц.

Поэтому после входа в систему пользователь должен выбрать базовый период работы. Для каждой из печей цеха можно посмотреть информацию об основных технико-экономических показателях, составе чугуна и показателях теплового, шлакового, дутьевого и газодинамического режимов доменной плавки в базовом периоде (рисунок 1).

Показатели работы в базовом периоде

Показатель	Дп-1	Дп-2	Дп-4	Дп-6	Дп-7	Дп-8		
Основные технико-экономические показатели								
Производительность печи, т/сут	3174	3025	3340	3351	2616	2867	5341	5228
Удельный расход кокса, кг/т чугуна	405.5	450.5	431.5	446.2	442.3	445.4	427.1	425.1
Эквивалент замены кокса, кг кокса/м ³ пр. газа	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78
Состав чугуна								
Содержание кремния в чугуне, %	0.7	0.77	0.8	0.72	0.78	0.7	0.67	0.68
Содержание серы в чугуне, %	0.018	0.019	0.016	0.017	0.017	0.019	0.017	0.017
Содержание марганца в чугуне, %	0.27	0.33	0.21	0.31	0.29	0.27	0.21	0.22
Показатели дутьевого и газодинамического режимов								
Удельный расход природного газа на печь, м ³ /т чугуна	126.8	117.1	141.8	142.1	126.8	124	110.1	135.5
Содержание кислорода в дутье, %	26.39	26.26	26.41	26.73	27.06	26.77	27.16	27.93
Температура дутья, °С	1214	1133	1180	1121	1016	1145	1103	999

Рисунок 1 – Веб-страница с информацией о показателях работы в базовом периоде

Показатели, рассчитываемые по модели доменного процесса УрФУ-ММК, позволяют количественно оценить степень развития основных процессов каждой доменной печи за прошедший период работы и влияние контролируемых возмущений и управляющих воздействий на ход доменной плавки. В качестве исходной информации используется вся доступная информация о входных и выходных переменных, а также о состоянии печей за этот период.

Для условий базового периода внутри системы с использованием модели доменного процесса на каждой печи осуществляется расчёт коэффициентов влияния (коэффициентов передачи по различным каналам воздействия) при изменении свойств железорудного сырья, кокса и флюсующих добавок, характеристик комбинированного дутья на технико-экономические показатели (производительность печи и расход кокса), показатели теплового, газодинамического, дутьевого и шлакового режимов доменной плавки. В дальнейшем, учитывая линейность модели, полученные коэффициенты для каждой печи считаются постоянными по отношению к базовому периоду. При невозможности определения некоторых из этих коэффициентов по математической модели доменного процесса, они принимаются по справочным данным (технологической инструкции).

Для базового периода можно рассчитать оптимальные расходы природного газа и технологического кислорода. Для расчёта задаются резервы по природному газу, кислороду и коксу в цехе, а также требуемое среднесуточное производство чугуна. Результаты отображаются в численном и графическом виде (рисунок 2).

Прогнозирование работы комплекса доменных печей и оптимальное распределение ресурсов в проектном периоде осуществляется на вкладке «Настройка проектного периода», где последовательно вводится информация о планируемых условиях работы печей и цеха в целом. При этом по умолчанию в редактируемых ячейках условий работы в проектном периоде подставляются соответствующие значения из базового периода. Задание условий работы включает следующие этапы:

1. Задание производства чугуна на каждой доменной печи, при этом здесь же рассчитывается общий объём производства по цеху.
2. Задание характеристик горячего дутья на каждой печи. Влажность дутья определяется по таблице значений сезонной влажности воздуха в районе города Магнитогорска, при этом возможна корректировка влажности дутья на любой из печей.
3. Установка допустимого диапазона доли окатышей в шихте на каждой печи, а также химического состава и свойств компонентов шихты, при этом вводятся:
 - гранулометрический состав железорудных материалов (25-50 мм, 15-25 мм, 5-

15 мм, менее 5 мм) и кокса (более 80 мм, 60-80 мм, 40-60 мм, 25-40 мм, менее 25 мм);

- химический состав железорудных материалов и флюсов;
- технический состав кокса и химический состав золы кокса.

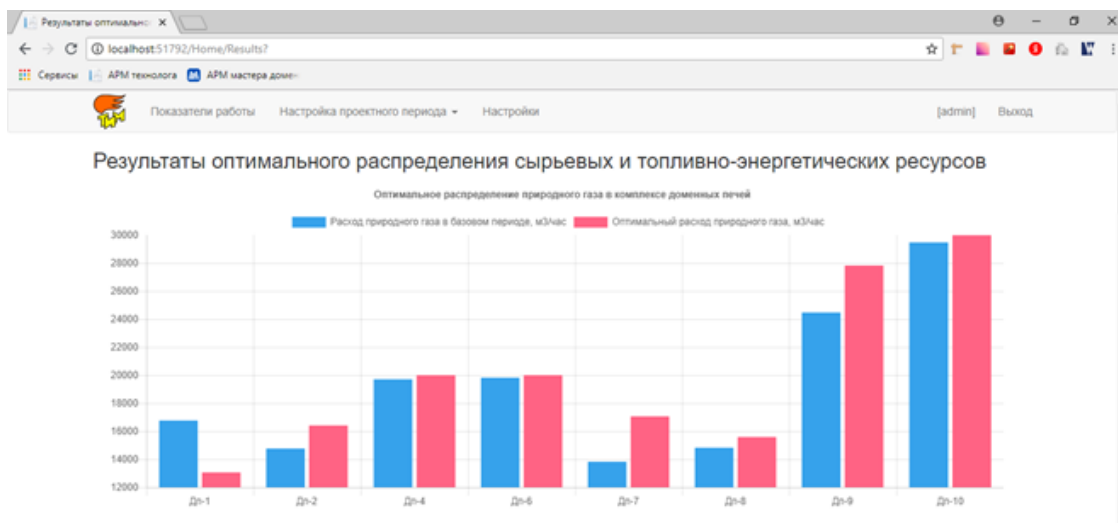


Рисунок 2 – Веб-страница со сравнением результатов расхода природного газа ($\text{м}^3/\text{час}$) на доменных печах в базовом периоде (фактический и при оптимальном распределении)

После ввода условий работы в проектном периоде для цеха в целом и для каждой печи в отдельности осуществляется задание ограничений на цех в целом по поступлению (расходу) железорудных материалов, флюсов и кокса, ввод резервов технологического кислорода и природного газа. Для каждого компонента возможно два варианта ввода: поступление за период или средний удельный расход в целом по цеху. В случае ввода среднего удельного расхода требуемые резервы компонента рассчитываются по введённой на предыдущем этапе производительности в цехе.

На следующем шаге задаются ограничения на работу каждой из печей цеха, т.е. на тепловой, дутьевой, газодинамический и шлаковый режимы, а также на качество выплавляемого чугуна. В системе учитываются следующие виды ограничений: теоретическая температура горения на фурмах, $^{\circ}\text{C}$; показатель теплового состояния низа печи, МДж/т чугуна; степень уравнивания шихты газовым потоком, доли; допустимые пределы основностей шлака, ед.; вязкости шлака при различных температурах, например, при температуре шлака 1400°C , Па·с; градиенты вязкости шлака в диапазоне вязкости шлака от 25 до 7 пуаз, в пределах температуры шлака $1400\text{-}1500^{\circ}\text{C}$, Па·с/ $^{\circ}\text{C}$; содержание серы, кремния и марганца в чугуне, %.

Предельно допустимые значения величин определяются методом математического моделирования, а при невозможности определения по модели – методом экспертных оценок, что позволяет осуществлять настройку модели на реальный процесс, в том числе и путём формализации опыта технологического персонала. Данные ограничения обеспечивают получение чугуна требуемого химического состава, стабилизацию газодинамического режима за счёт ровного схода шихтовых материалов, поддержание в допустимых пределах теплового состояния доменной печи. Достигаются также высокие технико-экономические показатели за счёт лучшего использования восстановительного потенциала CO и H_2 , полной конверсии природного газа в районе фурменных очагов. Предусмотрена возможность выбора ограничений, которые будут учитываться при решении задачи линейного программирования.

После задания условий работы в проектном периоде предварительно можно оценить технико-экономические показатели, показатели хода теплообменных, восстановительных и газодинамических процессов, процессов шлакообразования доменной плавки отдельных печей при изменении свойств и состава шихтовых материалов, температуры и влажности дутья. Для их расчёта используется рассчитанный по математической модели доменного

процесса в базовом периоде набор коэффициентов влияния. Предусмотрена ручная корректировка коэффициентов влияния.

На последнем шаге в соответствии с заданными условиями решается задача линейного программирования и определяются оптимальные расходы сырья и топлива на каждой из печей.

В процессе решения задачи оптимизации могут возникнуть случаи, когда ограничения на различные режимы работы печи противоречивы. В этих случаях предусмотрена диагностика причин отсутствия решений и корректировка условий работы в проектный период. При наличии оптимального решения, определяются технико-экономические показатели плавки и осуществляется расчёт комплекса показателей, характеризующих тепловой, газодинамический, дутьевой и шлаковый режимы каждой из доменных печей цеха в проектный период.

Рассмотрим вариант решения задачи оптимального распределения сырьевых и топливно-энергетических ресурсов с помощью разработанного ПО. В варианте решения задачи оптимального распределения ресурсов в доменном цехе с помощью разработанного ПО рассматривается три периода работы:

- базовый период основан на фактических данных о работе цеха;
- проектный период основан на данных за период, следующий непосредственно за базовым. Для проектного периода выбор состава железорудной части шихты, расхода флюсов, характеристик комбинированного дутья осуществлялись по традиционной методике;
- оптимальный период основан на использовании разработанного ПО в условиях работы проектного периода. При этом резерв доменного цеха по природному газу увеличен на 1,5 %, по агломерату на 1 % в сравнении с фактическими расходами в проектный период.

В таблице 1 приведены значения основных показателей работы доменного цеха в рассматриваемые периоды, при этом в каждом представлены усреднённые месячные данные.

Таблица 1 – Показатели работы доменного цеха в различные периоды исследований

Показатель, ед. измерения	Базовый период	Проектный период	Оптимальная величина в проектный период
Производство, т/сутки	28946	28836	28836
Удельный расход кокса, кг/т чугуна	432,7	431,5	428,8
Основность агломерата, ед.	1,84	1,78	1,74
Состав железорудной части шихты, %:			
Агломерат ММК	60,1	61,3	62,0
Окатыши Качканарского ГОКа	0,6	1,0	1,0
Окатыши Михайловского ГОКа	23,7	24,1	23,1
Окатыши ССГПО	14,7	12,6	12,6
Королек	0,9	1,0	1,3
Расход кварцита, кг/т чугуна	7,6	3,3	0
Расчётный выход шлака, кг/т чугуна	337	342	339
Расход природного газа, м ³ /т чугуна	127,5	128,7	129,9
Содержание кислорода в дутье, %	26,9	27,3	27,3

Расчёт показателей работы доменных печей и их оптимальных значений, полученных с помощью разработанного ПО, позволил установить, что при оптимальном распределении сырьевых и топливно-энергетических ресурсов в комплексе доменных печей снижается удельный расход кокса за счёт увеличения расхода природного газа и вывода из шихты кварцита.

При увеличении доли агломерата в железорудной части шихты, он заменяет собой более дорогостоящие окатыши. С увеличением резерва цеха по природному газу удаётся заменить дорогостоящий кокс. При этом повышение технико-экономических показателей работы цеха в целом не означает улучшения показателей на всех без исключения печах.

Исследования оптимального распределении сырья и топлива в доменном цехе с помо-

щью разработанного ПО показали, что стоимость загружаемых ресурсов (значение целевой функции) при различных вариантах расчёта уменьшается в среднем на 0,7 % в сравнении с проектным периодом работы.

Библиографический список

1. Геердес М. Современный доменный процесс / М. Геердес, Р. Ченьо, И. Курунов [и др.]. – М.: Металлургиздат, 2016. – 280 с.
2. Большаков В.И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. Киев: Наукова думка, 2007. 411 с.
3. Спири́н Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю. [и др.] Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 462 с.
4. Онорин О.П., Спири́н Н.А., Терентьев В.Л. [и др.] Компьютерные методы моделирования доменного процесса / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. 301 с.
5. Спири́н Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю. [и др.] Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2014. 558 с.
6. Загайнов С.А. Разработка и внедрение математического и программного обеспечения для гибких технологических режимов работы доменных печей / С.А. Загайнов, О.П. Онорин, Л.Ю. Гилева [и др.] // Сталь. – 2000. – № 9. – С. 12-15.
7. Загайнов С.А. Современные принципы построения математической модели доменного процесса для решения технологических задач / С.А. Загайнов, О.П. Онорин, Н.А. Спири́н [и др.] // Известия вузов. Черная металлургия. – 2003. – № 12. – С. 3-7.
8. Спири́н Н.А. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии / Н.А. Спири́н, В.В. Лавров, С.И. Паршаков, С.Г. Денисенко; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2006. – 307 с.
9. Бородулин А.В. Математические модели оптимального использования ресурсов в доменном производстве / А.В. Бородулин, Х.Н. Гизатуллин, А.Д. Обухов [и др.]; под ред. В.Д. Мазурова и Ю.Г. Ярошенко. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. – 148 с.

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕНОСА ОБЪЕКТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ РОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

Лицин К.В., Меркулин П.О., Фукс Е.А.

Новотроицкий филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Новотроицк, Россия

В настоящее время, по всему миру становится актуальной тема автоматизации всех рабочих процессов, в промышленности, строительстве и производстве [1-4]. Одним из таких направлений является разработка специальной техники для погрузочно-разгрузочных работ и перевозки различных громоздких грузов. Самым ярким примером специальной техники, в данном сегменте, является кран-манипулятор [5].

Промышленные манипуляторы на производстве в большинстве случаев используются с целью замены ручного труда. Также робот может применять инструментальный захват для фиксации инструмента и осуществления дальнейшей обработки деталей или удержания заготовки, для переноса последней в рабочую зону для последующей обработки [6,7].

Предприятие АО "Рифар" (г. Гай, Оренбургская обл.) занимается выпуском батарей различного исполнения. Одним из технологических процессов, который выполняется на линии производства батареи является её транспортировка. С целью повышения производительности работы предприятия АО "Рифар" было принято решение внедрения промышленных роботов фирмы Motoman, схема которого показана на рисунке 1.

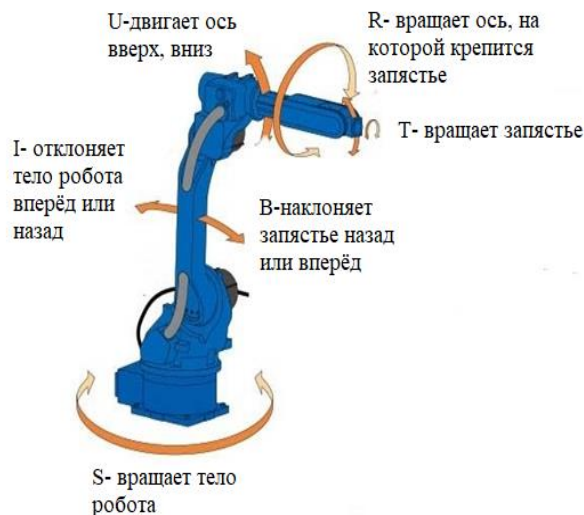


Рисунок 1 – Шестиосевой промышленный робот фирмы Motoman

На производстве радиаторных батарей перенос готового радиаторного блока осуществляется за его центр, в целях обеспечения устойчивого положения в подвешенном состоянии. Поскольку батареи имеют различное количество секций, возникает задача автоматического вычисления середины батареи, что позволяет упростить её перенос в дальнейшем.

Цель, поставленная в статье заключается в нахождении оптимальных временных затрат на вычисление середины объекта (батареи) и переноса её из заданной точки на конечное положение. Достижение поставленной цели заключается в решении следующих задач:

- анализа возможных способов нахождения середины батареи различной длины;
- разработки алгоритма для нахождения середины и переноса батареи в указанную точку.

На рисунке 2 указана схема метода переноса объекта, в качестве которого выступает батарея.

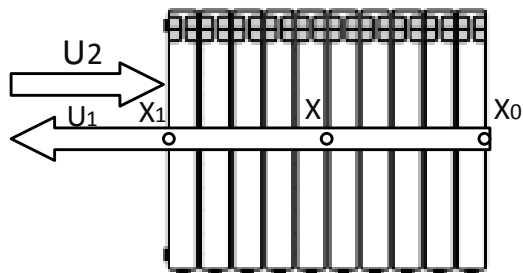


Рисунок 2 – Схема метода переноса объекта

Точками X_0 , X , X_1 обозначены начало, середина и конец батареи. U_1 – это скорость перемещения в положительном (прямом) направлении от начальной точки X_0 и до конечной точки X_1 , U_2 – это скорость движения в обратном направлении.

Основой первого метода является использование маленькой скорости перемещения U_1 и, соответственно, небольшого шага ΔL_1 для достижения высокой точности измерения.

Во втором методе сперва скорость U_1 и длина шага ΔL_2 задается достаточно большими по сравнению с ΔL_1 . Это позволяет, пусть и с достаточно большой погрешностью обеспечить быстрое перемещение датчика за конец батареи. Затем за счет реверсивного движения датчика на малой скорости U_2 полученная погрешность минимизируется.

Второй метод имеет явное преимущество перед первым почти на порядок разницы в скорости и шаге (эти вещи взаимосвязаны, для того, чтобы минимизировать погрешность на маленький шаг не пускают большую скорость) при том, что не уступает первому в точности.

Единственным замечанием является то, что длина второго шага не должна быть приблизительно равна длине измеряемого предмета. В противном случае первый способ будет давать лучший результат во времени.

Взаимосвязь длины шага и скорости является прямо пропорциональной для минимизации погрешности перемещения хвата робота, а так же для того чтобы не подвергать механизмы робота избыточной нагрузке.

Математику вычисления можно описать через следующие формулы (1):

$$\begin{aligned} t_1 &= \text{округлвверх}\left(\frac{L}{l_1}\right) t_{11} \\ t_2 &= X + \text{округлвверх}\left(\frac{U_2 X - L}{l_1}\right) t_{11} \\ X &= \text{округлвверх}\left(\frac{L}{l_2}\right) t_{112} \end{aligned} \quad (1)$$

где L – длина батареи;

l_1 – длина первого шага;

l_2 – длина второго шага;

t_1 – время затрачиваемое на перемещение на длину шага один;

t_2 – время затрачиваемое на перемещение на длину шага один;

U_2 – скорость перемещения при шаге два.

На рисунке 3 представлены графики, характеризующие зависимость затрачиваемого времени на измерение длины батареи. При расчете затрачиваемого времени длина батареи выступала в роли свободной переменной, а время зависимой, что подтверждается формулами объясняет расположение осей на графике.

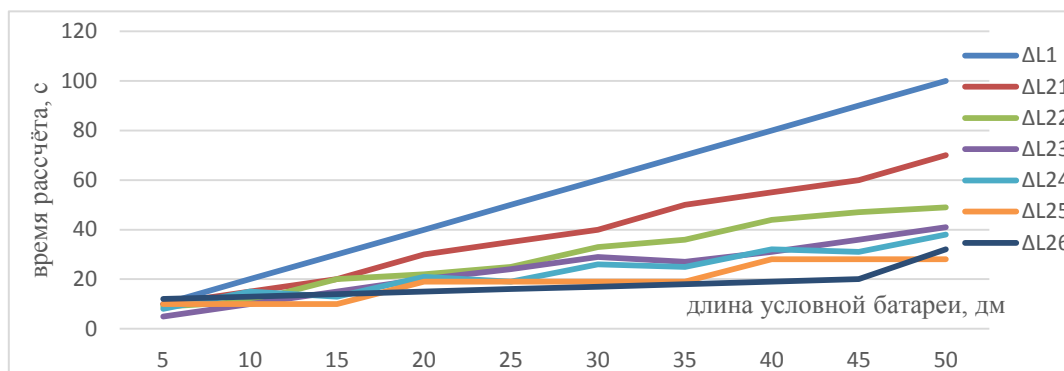


Рисунок 3 – График зависимости времени расчета середины батареи от её длины:

На рисунке 3 используются следующие обозначения:

– ΔL_1 – длина малого шага;

– ΔL_{2A} – длины шести различных больших шагов с параметром A изменяющемся соответственно от 1 до 6 для каждой длины шага.

Алгоритм реализации задачи переноса объекта представлен на рисунке 4.

В самом начале алгоритма робот проверяет наличие батареи при помощи оптического датчика, после чего начинает движение вдоль батареи с постоянной скоростью U_1 , которая выбирается достаточно большой, чтобы обеспечить быстроту выполнения алгоритма. После того как сигнал с оптического датчика пропадает, робот начинает движение в обратном направлении с меньшей скоростью U_2 , позволяя вычислить конец батареи с высокой точностью. Точка конца батареи X_1 имеет позиционную переменную, которая заносится в память робота. На основании неё начинается движение в обратном направлении на расстояние равное половине разности начальной и конечной точек. После чего робот манипулятор переносит батарею и возвращается к началу алгоритма.

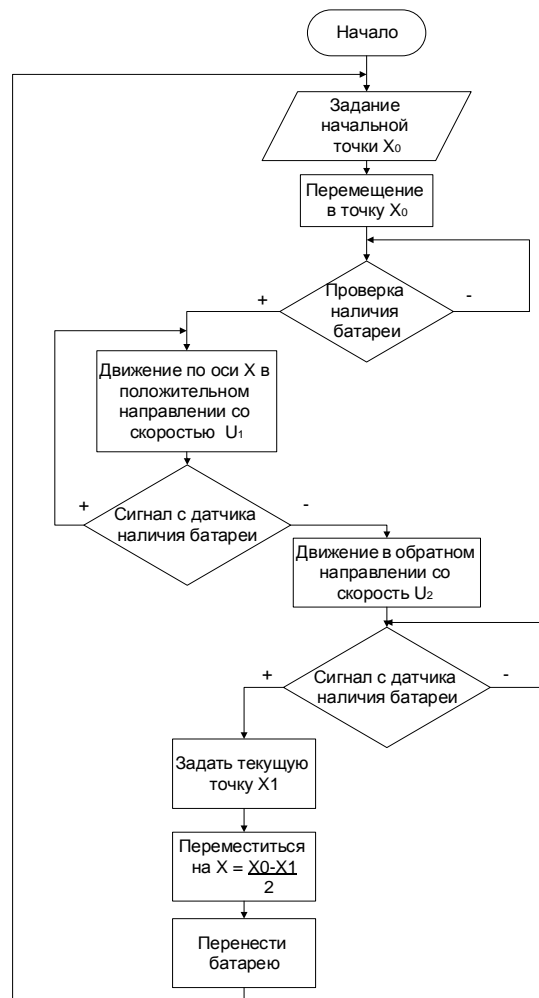


Рисунок 4 – Алгоритм вычисления середины и переноса батареи

Проведённый анализ показал достоинства выбранного метода, как в теоретическом изложении, так и на практике. Внедрение представленного способа вычисления середины батареи и её перенос позволяют автоматизировать производство и повысить производительность на 18 % по сравнению с ручным трудом.

Библиографический список

1. Сафонов Ю.М. Электроприводы промышленных роботов. М.: Энергоатомиздат, 1990 – 177 с.
2. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств : учеб. пособие. СПб.: Лань, 2012. – 608 с.
3. Воротников С.А. В75 Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 223 с.
4. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. / А.И. Корендяев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес; отв. ред. С.М. Каплунов ; Ин-т машиноведения им А.А. Благонравова РАН. – М. Наука, 2006.
5. Лицин К.В., Меркулин П.О. Разработка системы нахождения оптимального места захвата батареи на базе промышленного робота MOTOMAN MH-50 // Наука и производство Урала. Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2019. №15 С.41-44.
6. Фукс Е.А., Лицин К.В. Разработка системы переноса объекта с помощью промышленного робота MOTOMAN MH-50 // Наука и производство Урала. Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2019. №15 С.49-51.
7. Фукс Е.А., Меркулин П.О., Лицин К.В., Реализация задачи переноса объектов на базе промышленного робота Motoman MH-50 // Актуальные проблемы современной науки,

техники и образования: тезисы докладов 77-й международной научно-технической конференции. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2019. Т.1. 604 с. С. 258-259

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УГЛЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

**Мурко В.И.¹, Протопопов Е.В.¹, Темлянец М.В.¹, Чаплыгин В.В.¹,
Литвинов Ю.А.¹, Волков М.А.²**

¹*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия,*

²*ООО СибНИИУглеобогащения, филиал в г. Прокопьевске, Россия*

Одним из эффективных методов повышения темпов диффузии знаний и обучения с концентрацией высокотехнологичных производств является организация и создание инновационных кластеров. В результате достигается синергетический эффект действия технологических, технических, экономических и институциональных факторов [1,2].

Для Кузбасса, где одной из основных отраслей народного хозяйства является угольная промышленность, рациональное использование добытого угля и продуктов его переработки является одной из главных задач успешного развития региона. Учитывая наличие существенных транспортных издержек при доставке угля его потребителям как на Запад, так и на Восток, угольные компании приложили немало усилий и вложили значительные средства в строительство новых обогатительных фабрик (ОФ). Как показывает статистика, в России в настоящее время обогащению подвергается практически весь уголь коксующихся марок (в 2018 году добыто 94,2 млн. т в год – обогащено 90,0 млн. т в год) соответственно для энергетических углей данные цифры составляют 345,1 млн. т в год и 110,0 млн. т в год.

Технология обогащения на обогатительных фабриках характеризуется применением замкнутых водношламовых схем с получением угольных концентратов с требуемыми показателями по содержанию влаги без термической сушки мелких классов углей. Продуктами обогащения на ОФ являются: концентрат с зольностью 5,5-10%, промпродукт с зольностью 25-38% (как правило, для углей коксующихся марок) и порода с зольностью более 70%.

Вместе с тем в составе отгружаемой в отвал породы появились тонкодисперсные отходы углеобогащения (ТДОУ) класса 0-0,5 (1) мм, как правило, представленные осадком фильтр-прессов – фильтр-кеком (ФК). Выход фильтр-кека составляет от 5 до 10% от массы перерабатываемого угля на ОФ. С учетом высоких значений влажности и зольности данного продукта реализация его на рынке без предварительной переработки экономически нецелесообразна.

Особенностью фильтр-кека ОФ является также то, что данный продукт содержит крайне токсичные флокулянты, что влечет загрязнение окружающей среды вокруг площадок их хранения. В результате угольные предприятия несут экономические потери, обусловленные необходимостью задействования значительного количества автотранспорта (удельная стоимость транспортирования фильтр-кека составляет около 10 руб./т·км, а также оплаты стоимости хранения отходов, а окружающие территории испытывают серьезные экологические последствия.

Кроме того, значительные экологические проблемы возникают в поселениях, находящихся вблизи угольных ТЭЦ ГРЭС и котельных, связанные с хранением огромных количеств золошлаковых отходов (ЗШО), которые остаются в гидрозолоотвалах и отстойниках десятки лет. В результате в печати, медийном и политическом пространствах появилось такое понятие как «грязный уголь», использование которого как технологического, так и топливного сырья необходимо сокращать, а при возможности и полностью от него отказаться. При этом не учитываются возможные социальные, экономические и политические последствия особенно для таких регионов, как Кузбасс.

Таким образом, наиболее актуальными задачами при добыче, переработке и использовании угля и продуктов его переработки, на наш взгляд, являются:

- переработка и эффективное использование тонкодисперсных отходов углеобогащения и низкосортных углей и промпродукта;
- переработка и использование ЗШО ТЭЦ, ГРЭС и котельных;
- рекультивация нарушенных земель при эксплуатации угольных разрезов и шахт.

Для решения поставленных задач предлагается использовать кластерный подход, когда фактически на одной площадке предлагается совместить как современные инновационные технологии, позволяющие решить отдельные технические задачи переработки и использования угля и продуктов его переработки, в том числе глубокой переработки, так и получения новых знаний при их исследовании и реализации.

С этой целью в СибГИУ разработан и создается инновационный научно-образовательный кластер по комплексному использованию угля и продуктов его переработки, включающий:

- обогащение угля и угольных шламов;
- технологию и оборудование для переработки угля, включая его дробление и классификацию;
- технологию и оборудование для приготовления суспензионного водоугольного топлива (ВУТ) как на основе угля, промпродукта, так и ТДОУ;
- технологию и оборудование для гидротранспортирования полученного «жидкого» угля по трубопроводу и его хранение в емкостях;
- технологию и оборудование для получения брикетного топлива на основе угля и ТДОУ;
- технологию и оборудование для получения углемаляного гранулята и, на его основе, углеводомаляной суспензии и углемаляных брикетов;
- технологию и оборудования для сжигания полученных видов топлива в котельной установке с топливной камерой слоевого и вихревого типа;
- стендовую установку для глубокой переработки углеводомаляной суспензии с получением синтетического нефтепродукта;
- технологию и оборудование для получения твердеющей закладки на основе породы ОФ и ЗШО, золы угольных ТЭЦ, ГРЭС, а также котельных, в том числе полученных при сжигании ВУТ;
- технологию и оборудование для получения гидросмеси на основе породы и ЗШО для заполнения выработанных карьеров при их рекультивации;
- современную углехимическую лабораторию с центром коллективного пользования, где осуществляются все виды анализа углей и продуктов их переработки.

Именно реализация предложенного комплексного кластерного подхода позволяет поставить амбициозные научные и практические задачи, предлагать поиск вариантов их решения для студентов и аспирантов, сотрудникам проектных организаций и промышленных предприятий, и представителям бизнес сообщества.

При этом создание в рамках инновационного кластера демонстрационного технологического комплекса в блоке тяжелых лабораторий СибГИУ позволит решать конкретные узкие технические задачи при переработке угля и использовании полученных продуктов с получением требуемых характеристик и экологического эффекта.

В последние годы появилось значительное количество публикаций, в которых предлагаются технологии утилизации ФК путем его сжигания в котлах с кипящим слоем и вихревой системой сжигания [3-6]. Основными технологиями, позволяющими экономически эффективно и экологически безопасно утилизировать ТДОУ являются технологии получения топливных брикетов и суспензионного водоугольного топлива (ВУТ).

Однако на данный момент широкого распространения указанные технологии в России не получили должного распространения по следующим причинам:

- наличие на рынке Кузбасса и других угольных регионов значительного количества сравнительно дешевого рядового угля, а транспортирование брикетов повышенной зольности (до 35-40 %) на значительные расстояния (даже в близлежащие регионы) нерентабельно;
- отсутствие спроса на дешевое водоугольное топливо у местных промышленных и муниципальных предприятий, имеющих котельные, ТЭЦ и ГРЭС, ввиду малого опыта промышленной эксплуатации объектов с использованием данной технологии, в том числе вследствие значительных колебаний качества ТДОУ (зольность, влажность);
- наличие субъективного фактора «первыми не будем», который присущ менеджменту современных угольных и энергетических компаний;
- отсутствие законодательной базы использования отходов углеобогащения и ЗШО с точки зрения надежности долгосрочных прогнозов их стоимости.

Таким образом, изыскание и отработка технологии и комплекса оборудования для эффективного использования угля и продуктов его переработки является актуальной проблемой для угольных компаний как с точки зрения экономической, так и экологической. Учитывая значительный разброс качества угля и продуктов его переработки по крупности, выходу летучих веществ (марка угля), влажности и зольности, для отработки оптимальных технологических решений по их использованию было принято решение о создании современной экспериментальной базы. С этой целью в Сибирском индустриальном университете (СибГИУ) совместно с НПЦ «Сибэкотехника», НПЦ «Синойл" и филиалом СибНИИУглеобогащения в г. Прокопьевске создан технологический комплекс, состоящий из четырех основных модулей: подготовки угля и приготовления топлива, транспортирования, хранения топлива, сжигания различных видов топлива и ожижения угля (рисунок 1).

Модуль подготовки и переработки угля с приготовлением различных видов топлива содержит: молотковую дробилку, смеситель двухшнековый периодического действия, вибрационный фильтр грубой очистки, барабанные шариковую и стержневую мельницы периодического действия, вибромельницы периодического и непрерывного действия, насосное оборудование, емкости хранения готового топлива. Также в составе модуля имеется оборудование для обогащения исходного сырья методом масляной грануляции и получения брикетов из различного исходного сырья. Таким образом, комплекс смонтированного оборудования для приготовления топлива обеспечивает возможность реализации различных способов его подготовки, исходя из вида исходного сырья (рядовой уголь, крупнозернистый шлам, ТДОУ, углемасляные гранулы).

Модуль транспортирования и хранения топлива включает: аккумуляющую емкость топлива, транспортирующий насос объемного типа, трубопровод, состоящий из горизонтального, вертикального и наклонного участков, камер запуска и приема калибровочных скребков, приборов КИПиА (расходомер, манометры, поточный вискозиметр). Созданный модуль позволяет проводить исследования по гидротранспортированию различных видов водоугольных суспензий (грубо- и тонкодисперсных, мало- и высококонцентрированных) в турбулентном, переходном и ламинарном режимах. При этом определяются удельные потери при давлении, наличие осадка в трубопроводе, фактические реологические характеристики, необходимые для расчета трубопроводных систем.

Модуль сжигания содержит: камеру сгорания топлива со слоевой и вихревой системами сжигания, котел водогрейный с тепловой мощностью 0,25 МВт, двухстадийную систему пылеулавливания, дымовую трубу, тягодутьевое оборудование, насос дозированной подачи ВУТ в камеру сжигания, компрессор с ресивером для подачи сжатого воздуха в пневмомеханическую топливную форсунку, комплект приборов КИПиА. Для обеспечения круглогодичной работы стендовой установки предусмотрена система охлаждения котельной воды в аппарате воздушного охлаждения. Работа модуля сжигания обеспечивает возможность определения эффективности сжигания топлива, КПД работы котла на различных видах топлива, состава дымовых газов.

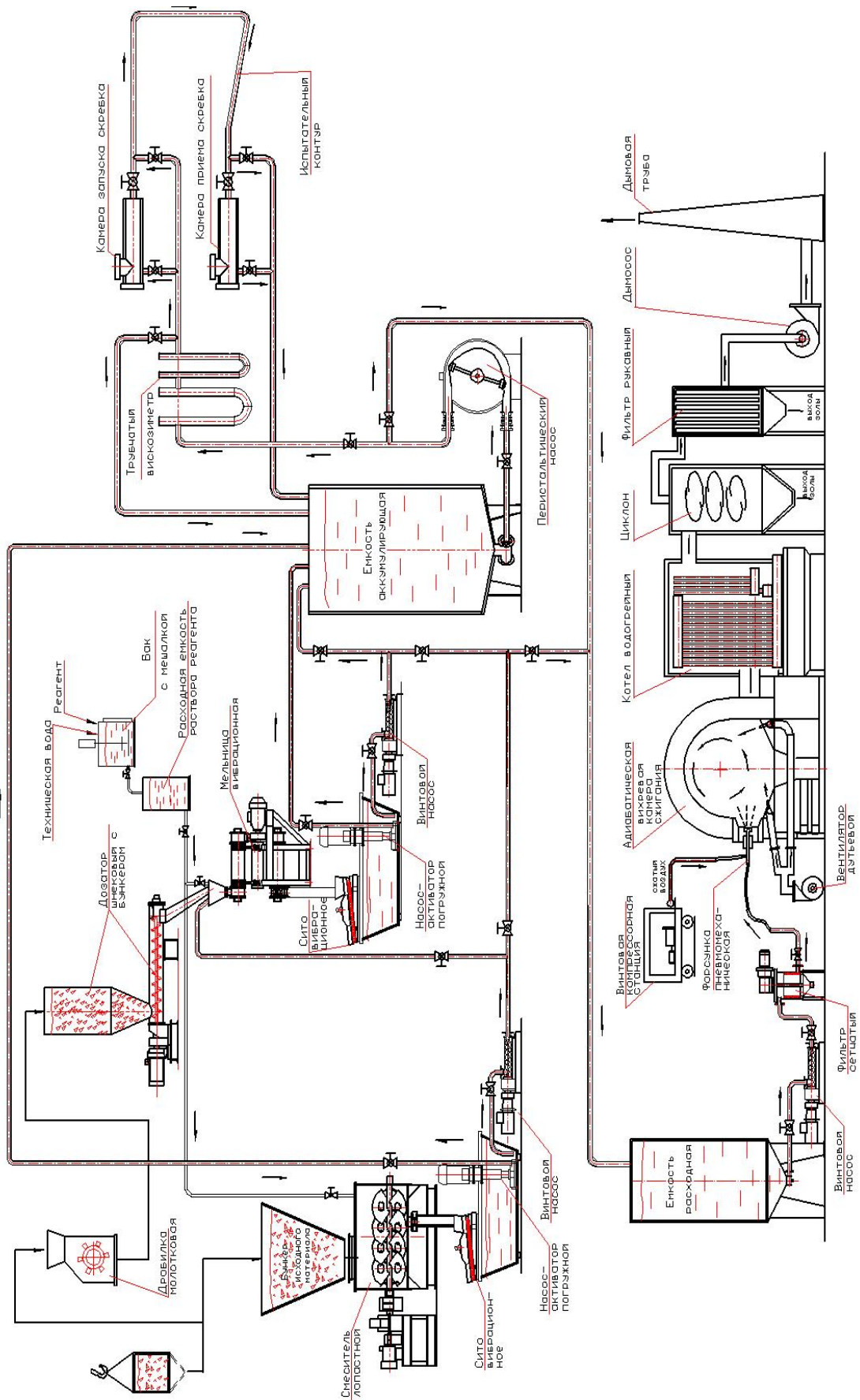


Рисунок 1 - Технологический комплекс

Управление работой стендовой установки осуществляется как дистанционно, так и в местном режиме. Кроме того, смонтирована система автоматизации процессами приготовления и сжигания топлива, позволяющая отрабатывать работу создания технологического комплекса в автоматическом режиме.

При стендовой установке также создана углехимическая лаборатория.

Тестирование работы стендовой установки проводилось при использовании ТДОУ ОФ «Щедрухинская» (АО «Топпром», г. Новокузнецк).

Проведенное тестирование стендовой установки показало широкие возможности ее использования для отработки режимов приготовления ВУТ из исходного сырья различного качества, как по крупности, так и по зольности, а также сжигания полученного топлива с измерением необходимых технологических и технических параметров. При использовании газоанализатора осуществляется замер уровня вредных выбросов в дымовых газах.

Таким образом, созданная стендовая установка позволяет реализовать в полном объеме технологию утилизации тонкодисперсных отходов углеобогащения путем подготовки на их основе топлива с последующим его сжиганием. Из полученных при сжигании ВУТ золошлаковых отходов, ЗШО ТЭЦ и ГРЭС и породы ОФ готовятся твердеющие и закладочные смеси для заполнения отработанных выработок и карьеров.

Принципиально новым технологическим процессом переработки угля и угольных шламов является способ получения искусственной «угольной» нефти. Ожижение угля позволяет получить альтернативный недорогой источник нефти и нефтепродуктов. Также ожижение угля можно использовать как способ утилизации отходов угольного производства и углеобогащения. Использование угля для производства синтетической нефти целесообразно из-за близкого химического состава природного сырья. Содержание водорода в нефти составляет 15 %, в каменном угле – 8 %, а углерода - сопоставимые количества.

Водоугольное топливо является готовым продуктом для использования в электроимпульсном способе ожижения угля. Важным показателем при этом является величина зольности угля в ВУТ, так как при гидрогенизации остается остаток нереакционноспособных смоляных соединений, смешанных с углем и золой. Чтобы уменьшить этот остаток и увеличить конверсию угля, т.е. уменьшить потерю углерода, необходимо иметь максимально низкую подачу золы в процесс. С этой целью используется метод масляной грануляции.

Уголь - полисопряженная система, преимущественно неароматического характера, которая включает высокомолекулярные и низкомолекулярные органические вещества, связанные различными по характеру и прочности межмолекулярным взаимодействием (ММВ), а электроны и радикалы, взаимодействия с угольным веществом, способствуют разрушению ММВ и гидрированию [7]. Задача процесса ожижения состоит в проведении реакции деполимеризации вещества и гидрирования продуктов деполимеризации. Эти реакции инициируются специальными высоковольтными импульсными разрядами в смеси угля, воды и органического растворителя. В канале разряда вещество разогревается до сотен тысяч градусов и, соответственно, резко расширяется, создавая высокое давление до нескольких тысяч МПа, вызывая в том числе кавитационные явления. Появляющиеся частички радикалов *О, *Н, *ОН и свободные электроны активируют суспензию в целом и способствуют разрушению длинных молекул веществ, приводя к появлению жидких органических продуктов. Атомарный водород участвует в реакции гидрирования, замыкая вновь образованные молекулярные соединения. К тому же, при высоковольтном разряде происходит дополнительное измельчение частиц угля за счет растягивающихся механических напряжений – продукт разуплотняется, т.е. появляются дополнительные поры, повышающие доступ растворителя к частицам угля [8].

Вода облегчает возникновение высоковольтного разряда и является источником радикалов *О, *Н, *ОН, а углеводороды являются поставщиком водорода. Наличие воды и углеводородов необходимо в качестве одного из компонентов сверхкритической жидкости, локально образующейся в процессе кавитации. Процесс ожижения в сверхкритической среде идет наилучшим образом при наличии органических углеводородов и воды.

Реализация предложенного способа ожижения осуществляется на специально создан-

ной стендовой установке электроимпульсного ожигения.

Заключение

Разработанный и созданный инновационный научно-образовательный кластер позволяет в полной мере реализовать современный подход к обучению, проведению научных исследований, выводу на рынок высокотехнологичных производств в области переработки и использования продуктов угольных предприятий.

Библиографический список

1. Методические материалы по разработке, реализации программ развития инновационных территориальных кластеров и региональной кластерной политике / Науч. ред. Л.М. Гохберг, А.Н. Клепач, П.Б. Рудник, О.В. Фомичев, А.Е. Шадрин, 2016.
2. Кластерная политика: концентрация потенциала для достижения глобальной конкурентоспособности / Под ред. И.М. Бортника, Л.М. Гохберга, А.Н. Клепача и др., СПб: «Corvus», 2015.
3. Козлов В.А. Сжигание высокоугольных шламов как путь к безотходной технологии обогащения углей. // «Уголь». – 2017. - № 8, с. 140-145.
4. THE USE BY-PRODUCT COAL AS FUEL ON PLANTS OF SMALL AND MEDIUM POWER / Murko V.I., Khyamyalyainen V.A., Petrova V.M. // Coal in the 21st Century : Mining, Intelligent Equipment and Environment Protection conference protection. 2018. p. 337-340.
5. Результаты испытаний экспериментального комплекса по приготовлению и сжиганию угольных топлив с очисткой дымовых газов. / Мурко В.И., Исмагилов З.Р., Михайлова Е.С., Хямяляйнен В.А., Тайлаков О.В., Мاستихина В.П., Карпенко В.И. // Углекислотная и экология Кузбасса. Сборник тезисов докладов. 2017. С. 40.
6. Пути снижения себестоимости вырабатываемой тепловой и электрической энергии на котельных и ТЭЦ Кузбасса. / Мурко В.И. // Инновации в технологиях и образовании. Сборник статей участников IX Международной научно-практической конференции. 2016. С. 189-190.
7. Углекислотная. / Русьянова Н.Д. М.: Наука, 2003.
8. Электроимпульсная дезинтеграция материалов. / В.И. Курец, А.Ф. Усов, В.А. Цукерман. Апатиты: Изд. Кольского научного центра РАН. 2002.

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛИТИКИ В ДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Кудряшова И.А., Логинова А.В.

Кемеровский институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова, г. Кемерово, Россия

В современных условиях технологии производства и реализации продукции теряют или снижают свою эффективность, продукты и сервисы становятся открытыми и прозрачными для потребителей. Приоритетное значение приобретает использование основных сквозных технологий, таких, как большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальности, выступающие актуальными драйверами экономического развития.

При всех своих изменениях экономика России пока сохраняет сырьевую направленность, а доходы от экспорта энергоресурсов составляют большую часть доходной части бюджета Российской Федерации. Структурная перестройка экономики, о которой говорится и пишется немало, пока не приобрела устойчивой динамики. Жесткая зависимость экспорта энергоресурсов от спроса и предложения на мировом рынке приводит к снижению устойчивости экономики, неготовности к кризисам, а также ограничивает темпы ее роста.

В перспективе на ближайшие несколько десятилетий не планируется отход от ресурсно-сырьевого типа экономики региона. В Стратегии социально-экономического развития

Кемеровской области на период до 2035 года темп роста валового регионального продукта по сравнению с 2017 годом составит 179 %, а добыча угля увеличится почти в 1,5 раза (с 240,4 млн. тонн в 2017 г. до 350 млн. тонн в 2035 г.) [1]. Такой практически незначительный разброс в динамике данных целевых показателей и их сопоставимость (179 % и 150 %) свидетельствует о сохранении негативной антропогенной нагрузки в регионе без радикального изменения структуры промышленного производства и существенного увеличения инновационных отраслей.

Цифровизация экономики рассматривается авторами как ключевой ориентир социально-экономического развития России и важнейший фактор эффективности национальной и региональной кластерной политики.

Суть инновационной трансформации экономики состоит в стабилизации роста и объемов производства природоэксплуатирующих, ресурсодобывающих отраслей при быстром развитии на современной технологической основе всех производств, связанных с преобразованием природного вещества. Структурная перестройка экономики, подразумевающая перераспределение трудовых, материальных, финансовых ресурсов в пользу ресурсосберегающих отраслей и видов деятельности в рамках кластеров, позволит значительно уменьшить природоемкость производимой продукции и услуг, сократить общую потребность в природных ресурсах и увеличить эффективность деятельности промышленных предприятий, взаимодействующих в кластере. В этом также проявляется принцип глокализации экономики, когда имеющая глобальный характер проблема должна решаться локально в минерально-сырьевом кластере путем агрегирования цифровых инструментов на национальном, региональном и муниципальном уровнях.

По нашему мнению, для обеспечения эффективной реализации кластерной политики необходимо применять новые цифровые инструменты и механизмы функционирования добывающих регионов на современной информационно-технологической базе с решением задач интеллектуального анализа данных (Data Mining), задач извлечения знаний (Knowledge Discovery), а также задач взаимодействия участников и деятельности власти, науки и бизнеса в рамках кластерных формирований в территориях.

К известным цифровым инструментам кластерной политики относят совокупность методов и средств поиска, сбора, обработки, хранения, передачи и защиты информации, в результате преобразования которой получается информация нового качества, способствующая принятию оптимальных управленческих решений. К основным элементам такого цифрового инструментария относят системы, специализирующиеся на работе с клиентами; экспертные системы управления; системы искусственного интеллекта; автоматизированные системы принятия решений; системы поддержки принятия решений и др. [2].

Цифровые технологии, адаптированные для функционирования кластера, способствуют повышению эффективности деятельности бизнеса в рамках логистических цепочек и бизнес-операций, синхронизации действий и проектов всех его участников, сбора и обработки статистической информации и данных по ресурсам, финансам и планированию, усовершенствованию распределения имеющихся в кластере ресурсов и контролю над всеми процессами в режиме реального времени.

В качестве действенного практического инновационного инструмента при решении указанных задач могут выступать Ситуационные центры социально-экономического развития территорий при осуществлении эффективных управленческих воздействий и принятии оперативных экономических решений для участников кластеров. Одним из известных действующих примеров такого рода центров является Ситуационный центр социально-экономического развития РЭУ имени Г.В. Плеханова.

Подобные Ситуационные центры созданы в ряде филиалов Университета, включая Кемеровский институт (филиал) РЭУ им. Г.В. Плеханова. Цифровые технологии, имеющиеся в центре, позволяют решать задачи региональной экономической политики, проводить мониторинг социально-экономического состояния и развития территорий и кластеров Кемеровской области с использованием информационно-аналитической базы данных, автоматизиро-

ванной информационной системы оценки социально-экономической эффективности бизнес-планирования, а также компьютерной программы геоэкономической визуализации и анализа показателей территорий и кластеров Кузбасса.

Использование современных цифровых инструментов в целях реализации кластерной политики способствует быстрому проведению аналитических исследований ситуаций внешней и внутренней среды кластера и его участников, оперативному принятию управленческих решений для сохранения устойчивости кластера, а совместное использование цифровых продуктов снижает издержки участников кластера на их внедрение и позволяет объединять усилия и пользоваться дорогостоящими инновационными технологиями всем участникам производственного процесса.

Таким образом, дальнейшее развитие теоретических и прикладных аспектов анализа и прогнозирования развития региональной экономики и ее отраслевых кластеров с использованием цифровых инструментов выступает актуальной задачей исследователей, а в практической плоскости результаты могут быть положены в основу дальнейших теоретических разработок при обосновании программ и решений, как органами государственной власти, так и компаниями различных форм собственности при реализации кластерной политики.

Библиографический список

1. Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области на период до 2035 года [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/550305101> (дата обращения: 07.11.2019).

2. Устинова Л.Н. Роль цифровых технологий в эффективной работе инновационного кластера / Л.Н. Устинова // Инновационные кластеры в цифровой экономике: теория и практика: труды VIII научно-практической конференции с международным участием, 17-22 мая 2017 г. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – С. 211-216.

3. Бабкин А.В., Устинова Л.Н. Цифровые технологии для реализации кластерных инициатив / А.В. Бабкин, Л.Н. Устинова // Инновационные кластеры цифровой экономики: теория и практика; под ред. А.В. Бабкина, Санкт-Петербург, 2018. – С. 233-254.

ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ

Раскин М.В.¹, Саламатин А.С.¹, Макаров Г.В.¹, Ляховец М.В.¹, Мышляев Л.П.²

¹ Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

² ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия

В статье рассмотрен процесс внедрения нового модуля в действующую углеобогательную фабрику (ОФ), приведены наиболее часто возникающие ошибки и предложены способы их решения.

Для осуществления пуско-наладочных работ (ПНР) на действующих объектах, необходимо проведение полноценных планово-предупредительных работ (ППР) и приемосдаточных испытаний [1]. Проведение таких работ связано с частичным или полным остановом технологического объекта, поэтому необходимо свести к минимуму время его простоя с целью сокращения финансовых потерь и выполнения производственного плана. Это определяет ПНР как сложный и трудоемкий процесс, который должен быть выполнен в кратчайшие сроки. На этапе ПНР производится поиск ошибок, их устранение, отладка и подготовка системы к проведению приемосдаточных испытаний.

В процессе внедрения нового модуля на действующей ОФ были получены данные за 48 часов о характере и количестве отказов, возникших в процессе функционирования фабрики (таблица 1). Стоит отметить, что внедряемый модуль, в состав которого входит более 70 агрегатов, находится в начале главной технологической цепи ОФ (загрузка породы, подго-

товка и обогащение) и каждый отказ, вызывающий остановку модуля, влечет за собой частичную или полную остановку фабрики.

Таблица 1 – Перечень отказов

Имя признака	Описание	Кол-во
STOP	Нажата кнопка «Стоп»	268
LDOWN	Остановка по нижнему уровню	123
PWR	Нет напряжения в цепях управления	26
OONB	Открыто ограждение натяжной рамы	18
CHPFLT	Авария частотного преобразователя	14
OKM2	Байпас не включился	12
MKZID	Сработала защита двигателя	8
GUM	Заштыбовка	10
KTV	Контроль кабель-тросового выключателя	12
Итого		491

Большое количество отказов (491 шт.) привело к простоям фабрики, которые суммарно составили около 10 часов. В среднем, час простоя на ОФ стоит около 1-1,5 млн. рублей, таким образом размер финансовых потерь составил более 10 млн. рублей.

На рисунке 1 представлена диаграмма, отображающая процентное соотношение возникших отказов от их общего числа. Больше всего отказов возникло из-за нажатия кнопки «Стоп» на местных постах управления (55 %), остановки технологических агрегатов по нижнему уровню в емкостях (25 %) и отсутствия напряжения в цепях управления (5%). После анализа причин, вызывающих отказы, были выявлены наиболее значимые (рисунок 2):

- неполное или небрежное оснащение технологического процесса средствами КИП, что приводит к невозможности полноценной работы САУ (отсутствует необходимая информация для осуществления контроля), а также к наличию ошибок и неполадок в работе КИП;
- ошибки при проектировании технологических решений и системы управления;
- использование решений, не предусмотренных проектом (отход от проекта);
- ошибки при монтаже оборудования;
- увеличение нагрузки на оборудование в связи с невыполнением производственного плана.

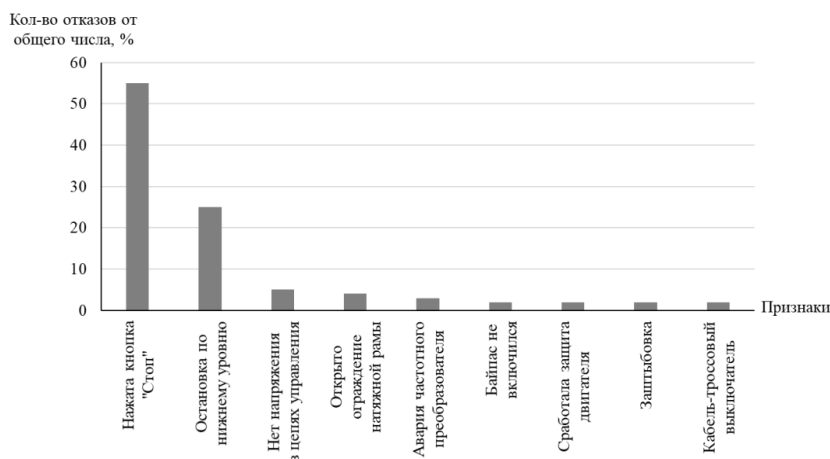


Рисунок 1 – Процентное соотношение возникших отказов от их общего числа

Перечисленные причины должны быть устранены на этапе ПНР перед запуском фабрики, но на практике специалисты по автоматизации сталкиваются с нежеланием заказчика отклоняться от существующих производственных планов и проводить полноценный ПНР, требуемый для поиска и устранения ошибок. Поэтому ПНР приходится проводить частями,

во время дежурных ППР и незапланированных остановов ОФ, времени которых часто не хватает для полной отладки системы управления [2].



Рисунок 2 – Причины возникновения отказов

Из-за нехватки времени и спешки часто приходится использовать временные решения, не предусмотренные проектом, которые значительно снижают надежность системы и требуют дополнительных временных затрат на их исправление. Поставка необходимого оборудования требует определенного времени, поэтому чаще всего используют легко доступные «обходные» пути. Это приводит к частым сбоям в работе и остановам фабрики, что негативно сказывается на выполнении производственного плана, приводит к значимым финансовым потерям и повышенному износу технологического оборудования. Таким образом, из-за стремления заказчика как можно скорее возобновить производство, в эксплуатацию вводится новое технологическое оборудование с неполной комплектацией и не протестированной системой управления.

Для предотвращения подобных ситуаций целесообразным является проведение полноценного ППР, времени которого достаточно для осуществления всех необходимых операций по отладке системы. В долгосрочной перспективе стоимость времени простоя для проведения ППР является гораздо меньшей, чем в результате аварийных остановов, поэтому единоразовое проведение полноценного ППР является рациональным решением.

Также стоит отметить, что для предотвращения ошибок при проектировании, целесообразно вести совместную разработку технологических решений, электрической части и системы управления. На практике, эти процессы происходят несогласованно, вследствие чего уже на этапе ПНР выявляется множество нестыковок и ошибок, которые приходится решать на месте.

Работа выполнена по Госзаданию Минобрнауки России N8.8611.2017/8.9.

Библиографический список

- ГОСТ 24.104-85. Единая система стандартов автоматизированных систем управления. Автоматизированные системы управления. Общие требования.
- Проблемы реконструкции систем автоматизации углеобогачительных фабрик // Л.П. Мышляев, М.В. Ляховец, И.А. Леонтьев, К.Г. Венгер, А.С. Саламатин / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / СибГИУ – Новокузнецк, 2017. – С. 55-57.

ПРИМЕНЕНИЕ КОБОРГ-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Соловьев В.И.

Научно-инженерный центр АСВЛ, г. Москва, Россия

Введение

Учитывая, что на современном крупном предприятии энергетические затраты на производство продукции (оказание услуг) достигают 30-40 % [1,2], остро встает вопрос об эффективности управления энерготехнологическим комплексом (ЭТК), которая не в последнюю очередь зависит от оперативной оценки его текущего состояния, выявления причин нарушений в функционировании ЭТК и принятия своевременных оптимальных управленческих решений.

Отдавая должное современным системам автоматизации и управления объектами энергохозяйства крупного предприятия [3], представляющего сложный организованный объект, требуется отметить растущую потребность дальнейшего применения современных методов и средств IT- технологий. Они связаны с выбором актуальных проблем исследования в данной предметной области и с дальнейшим созданием соответствующих интеллектуальных IT-продуктов, позволяющих поднять на новый уровень качество управленческих решений в целях повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на крупных предприятиях и комплексах ЖКХ. Таким современным IT- продуктом, на наш взгляд, является так называемая коборг-технология, применяемая для создания интеллектуальных систем диагностирования и управления сложными сосредоточенными и распределенными объектами. [4,5]. Так как ЭТК предприятия является сложным распределенным объектом, включающим, с одной стороны, производителей и поставщиков ТЭР, а, с другой, - потребителей ТЭР, то целесообразно представить их в информационном аспекте совокупностью автономных интеллектуальных агентов – локальных коборгов, скооперированных в едином информационно-коммутируемом пространстве предприятия. Такую организованную информационно-управляющую кооперацию будем называть мультиагентным ЭТК-коборгом.

Основная часть

Энерготехнологический комплекс предприятия или ЖКХ – это органически взаимосвязанные теплоэнергетические, теплотехнологические и электроэнергетические системы на основе эффективного производства и экономичного снабжения энергоносителями технологических или жилищно-хозяйственных подразделений.

На рисунке 1 приведен фрагмент сетевидной информационно-управляющей системы крупного предприятия с выделением кооперирующихся между собой автономных интеллектуальных агентов, образующих мультиагентный ЭТК-коборг как самостоятельный сложный организм в информационном пространстве предприятия и решающий задачи по контролю и управлению за выработкой, распределением и сбережением энергоресурсов. Под интеллектуальными агентами понимаются функциональные автономные коборги, включенные в кооперацию ЭТК-Коборг.

Здесь первый слой сети "Ц" - центральный коборг управления предприятием, обеспечивающий принятие стратегических, тактических решений и участие в разрешении критических или конфликтных ситуаций; второй слой – функциональные коборги предприятия или комплекса ЖКХ, управляющие соответственно производством ("Пр"), коммерцией ("К") и финансами ("Ф"). Третий слой сети представляются производственными и обеспечивающими коборгами: "Д" - доменного производства, "С" - сталеплавильного производства, "П" прокатного производства, "Э" - энергослужбы, "Т" - службы поставок энергоносителей (сырья и топлива). Под треугольниками и прямоугольниками понимаются соответственно локальные коборги (агенты) - производители (поставки) и - потребители ТЭР в составе единого ин-

формационного пространства ЭТК-коборга предприятия.

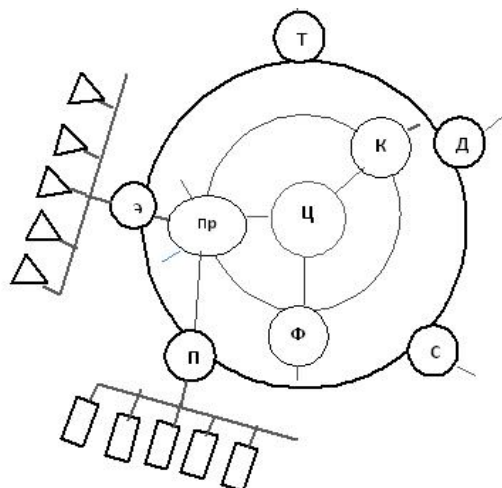


Рисунок 1 - Представление кооперации ЭТК-коборга (выделены жирными фрагментами) в общей сетевой архитектуре предприятия

Отметим, что в рамках этой же сетевидной архитектуры предприятия могут создаваться и другие информационно-управляющие организации путем кооперации соответствующих автономных коборгов и агентов в соответствующие мультиагентные коборги (например, производственно-сбытовой, финансово - экономический, механо-технологический, экологический и др.). Принципиально отметить, что эти информационно-управляющие кооперации создаются в рамках существующей иерархической системы управления путем добавления новых связей между одноранговыми (горизонтальными) коборг-элементами, позволяющих повысить эффективность информационного обмена внутри системы и ее действия по показателям оперативности и устойчивости управления.[6]. Однако при внедрении сетевой системы управления иерархическая структура не упраздняется, а лишь добавляются новые связи между одноранговыми элементами посредством компьютерной "p2p" сети. Введение в организационную структуру системы управления сетевых элементов позволяет усилить взаимодействие между отдельными ее звеньями и сделать их более информационно-насыщенными [7].

Для оперативного управления такими многоагентными кооперациями может эффективно применяться коборг-технология, предназначенная, как было указано выше, для диагностирования текущего состояния и управления сложными организованными объектами - коборгами (A complicated organized objects-Coborgs). Суть ее заключается в представлении таких объектов некоторым организованным единством всех согласованно действующих в них органов (процессов, систем, компонентов или функциональных узлов), не относящиеся к животному или растительному миру, но обладающих основными свойствами живых организмов.

Основными свойствами коборгов являются:

1) наличие в их составе:

- функциональных органов (компонентов, систем, узлов) и процессов в них происходящих;

- наблюдаемых внутренних параметров состояния (ВПС) органов коборга, которые представляются в виде различных нормативов, заданных диапазонов и траекторий, предельно допустимых минимальных или максимальных величин, определяющих нормальное (запланированное) состояние каждого органа и коборга в целом;

2) в их способности:

- принимать и обрабатывать поступающую на его входы информацию в реальном

времени;

- воспринимать, хранить, использовать и представлять знания в данной предметной области;
- диагностировать текущее состояние органов и коборга в целом и своевременно обнаруживать намечающиеся расстройства и заболевания;
- выявлять причины расстройства или заболевания отдельных органов и коборга в целом;
- формировать управляющие воздействия по ликвидации намечающегося расстройства функционирования или заболевания коборга.

Описанные свойства коборга относятся как к их локальной, так и распределенной структуре. В последнем случае мы будем говорить о мульти-агентном коборге (МА-коборге) [8]. При этом в процессе управления МА-коборгом оценивается текущее состояние каждого агента и коборга в целом. Что касается ЭТК предприятия (комплекса ЖКХ), то они полностью соответствуют концепции мультиагентных коборг-систем, заключающейся в совместной кооперации автономных коборгов (агентов) по решению поставленной задачи. При этом каждому коборгу - агенту в системе присущи следующие основные черты: автономность, оперативность, социальность (взаимодействие с другими агентами в рамках достижения целей), рациональность, правдивость и доброжелательность.

В составе мультиагентного ЭТК-коборга предприятия и комплекса ЖКХ выделим агентов - производителей или поставщиков ТЭР, к которым относятся собственные тепловые, электрические, паровоздуховые, кислородные станции, цех водоснабжения, газовый цех, теплосиловой цех, обеспечивающий использование вторичных энергоресурсов от технологических агрегатов, а также внешние источники энергии - природный газ, твердое топливо. К агентам - потребителям ТЭР будем относить основные технологические производства или коммунальные хозяйства, функционирующие в общем информационно-сетевом пространстве. Координирующее сотрудничество агентов заключается в согласовании своих действий с помощью специального агента-координатора, чтобы продуктивно использовать располагаемые опыт и ресурсы. Таким агентом-координатором выступает служба главного энергетика предприятия.

Текущая ситуационная картина состояния ЭТК-коборга формируется на сервере энергетической службы предприятия и предусматривает:

- своевременное обнаружение намечающегося расстройства текущего состояния ЭТК по выявленным характерным признакам этих расстройств. В качестве последних используются отклонения фактических значений параметров состояния объекта от запланированных, тренды и частота изменений этих отклонений;
- выявление внутренних и внешних причин, расстройств состояния ЭТК предприятия;
- формирование управляющих воздействий для ликвидации намечающихся расстройств ЭТК.

Общая функциональная структура коборг-системы для диагностирования и управления состоянием ЭТК приведена на рисунке 2.

Здесь: S_i^* , S_i – заданные и текущие (фактические) параметры состояния ЭТК; U_k – управляющие воздействия; R_n – достоверность n-го расстройства текущего состояния ЭТК; P_m – выявленные причины расстройства состояния ЭТК; \mathcal{E}_i – элемент сравнения.

Текущие задания режимов функционирования ЭТК зависят как от внутренних условий работы предприятия или ЖКХ (капитальные ремонты или длительные аварийные простои агрегатов, объектов), так и внешних (ограничения в снабжении природным газом, электроэнергией, годовой сезонности и т.д.).

В соответствии с принятой концепцией ЭТК-коборг включает три базы знаний:

- Базу знаний диагностики состояния ЭТК предприятия (ЖКХ), как в целом, так и по отдельным его органам;
- Базу знаний по выявлению причин расстройства текущего состояния ЭТК предприятия (ЖКХ);

- Базу знаний формирования управлений по ликвидации намечающихся расстройств органов ЭТК.

Рассмотрим подробнее принцип представления баз знаний в мультиагентном коборге ЭТК предприятием.

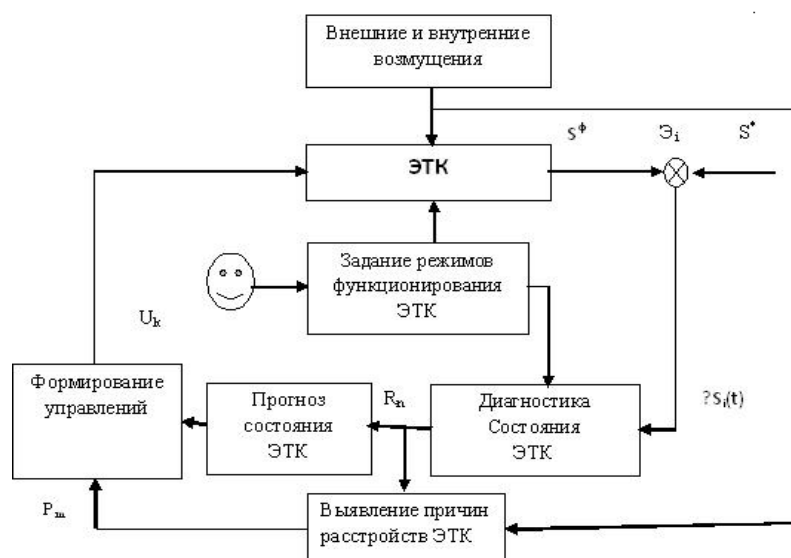


Рисунок 2 - Общая функциональная структура ЭТК- коборга

А. База знаний диагностики состояния ЭТК.

Несомненно, что она является ключевой, так как от достоверности диагностирования зависит, в конечном итоге, и эффективность управления ЭТК. Для этого выделим в составе ЭТК-коборга следующие функциональные органы, достаточно полно определяющие функциональное содержание рассматриваемого организма:

- выработка и обеспечение теплоэнергетическими ресурсами (ТЭР) основного производства;
- энерго-эффективность использования ТЭР в основном производстве (удельные затраты ТЭР на производство);
- себестоимость производства ТЭР энергетическим комплексом предприятия;
- состояние энерго-оборудования предприятия.

В соответствии с концепцией коборг-технологии состояние каждого органа ЭТК можно представить соответствующим количеством внутренних параметров состояния (ВПС). Текущие значения и характер изменения этих параметров отражают состояние и определяют эффективность функционирования такого сложного объекта как ЭТК. Как правило, расстройство функционирования организма связано с закономерным сочетанием и развитием симптомов расстройства или заболевания. При диагностировании текущего состояния ЭТК целесообразно использовать так называемые объективные симптомы, диагностируемые (наблюдаемые) в процессе его обследования в реальном времени.

Симптом расстройства представляет собой устойчивое отклонение текущих значений одного или нескольких ВПС от заданных диапазонов в соответствии с выбранным режимом функционирования ЭТК. Добавим, что полезную информацию о дополнительных характеристиках симптома (устойчивость тренда, максимальная амплитуда, скорость нарастания и др.) можно извлекать на любом интервале текущего изменения ВПС. Применительно к ЭТК-коборгу предприятия оценку текущего состояния соответствующего органа целесообразно осуществлять по следующим внутренним параметрам состояния:

1. По выработке теплоэнергетических ресурсов (ТЭР) для обеспечения производства:

- теплоэнергия всего, включая выработку промышленного пара, тепла с горячей водой, вторичных энергоресурсов (ВЭР);
- электроэнергия всего, собственная (ТЭЦ, ПВЭС, ЦЭС) и внешняя;
- вода всего, включая свежую техническую, оборотную техническую и питьевую;
- продукты кислородного производства всего, включая кислород технический, кислород технологический, аргон, азот, сжатый воздух;

- газовое топливо всего, включая доменный, коксовый и природный газ.

2. По эффективности использования ТЭР на производство:

- сквозной удельный расход электроэнергии на производство готовой продукции;
- удельный расход технологического кислорода на производство готовой продукции;
- удельный расход технического кислорода на производство готовой продукции;
- удельный расход природного газа на производство готовой продукции;
- удельный расход коксового и доменного газа на производство готовой продукции.

- потери коксового доменного газа в % к выработанному.

3. По оценке себестоимости выработки ТЭР энергетическими подразделениями:

- 1 тыс. Квт/ч электроэнергии, вырабатываемой суммарно всеми источниками электрической энергии, например, ТЭЦ ПВС, ТЭЦ ЭВС;

- 1 т.у.т промышленного пара, вырабатываемого суммарно на энерго-котлах всеми источниками тепловой энергии, например, ТЭЦ ПВС, ТЭЦ ЭВС;

- 1 тыс. пр м3 : дутья ПВС, кислорода, сжатого воздуха;

- 1 Гкал теплоэнергии суммарно всеми источниками.

4. По оценке технического состояния энерго-оборудования энерго-газогенерирующих производств и цехов предприятия:

- выполнение сроков и объема средних и капитальных ремонтов;
- выполнение сроков и объема текущих ремонтов.

Очевидно, что если текущие внутренние параметры состояния (ВПС) находятся в заданных интервалах нормативов и стандартов, то и компоненты (органы) и сам рассматриваемый организм находятся в нормальном состоянии. При отклонении одного или нескольких текущих значений ВПС от заданных значений будем говорить о расстройстве состояния соответствующих органов ЭТК. Для количественной оценки значимости каждого конкретного отклонения ВПС от нормативного значения могут использоваться как знания "коллективного эксперта", которые извлекаются из существующей нормативной документации и технологических инструкций по эксплуатации энергохозяйства, а также из теоретических и прикладных трудов по энергосбережению. Для представления таких знаний применяется метод нечеткой логики MYCIN [9], суть которого заключается в том, что знания (утверждения) могут иметь степень надежности соответствующего вывода не только +1(истина) или – 1(ложь), но и промежуточные значения между истиной и ложью. В реальной системе эти доказательства записываются в виде продукционных правил «ЕСЛИ... ТО... со степенью надежности в непрерывном интервале от -1 до +1» и представляют так называемую базу знаний в рассматриваемой предметной области. Распространяя степени надежности на иерархическую сеть выводов, можно получить степень надежности конечной цели по оценке состояния каждого органа коборга. По текущему значению и тренду кривой вероятности развития расстройства принимается решение о принадлежности к заранее определенному терму состояния типа: "нормальное", "удовлетворительное", "неудовлетворительное", "критическое" состояния компонентов (органов) и всего коборга в целом. Каждое из состояний, в котором может находиться коборг, характеризуется текущим значением так называемого коэффициента уверенности вывода CF_i в интервале $[-1,1]$. При этом CF_i , принадлежащее к интервалу $(0,1]$, интерпретируется как вероятность наличия одного из этих состояний, а абсолютное значение CF_i , принадлежащее к интервалу $[-1,0)$, - как вероятность отсутствия какого-нибудь из этих состояний.

На рисунке 3 приведена примерная диаграмма представления текущего состояния ЭТК- коборга в соответствии с процедурой MYCIN.

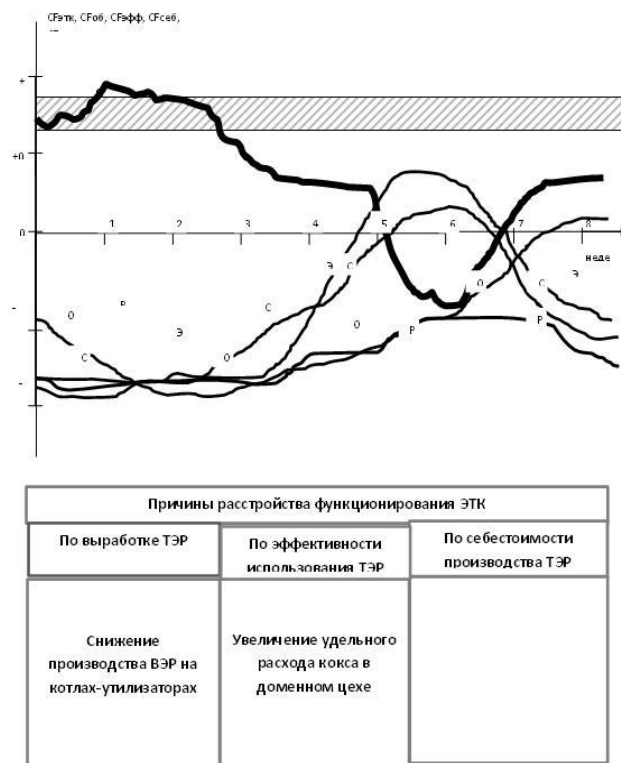


Рисунок 3 - Диаграмма состояния ЭТК-коборга

Значения индексов состояния областей ЭТК предприятия $CF_{об}$, $CF_{эфф}$, $CF_{себ}$ и $CF_{выр}$ при отсутствии расстройств находятся в отрицательной области, а при появлении и развитии расстройств значения индексов увеличиваются и переходят в положительную область. Увеличение значения индекса уверенности интерпретируется как возникновение и развитие расстройства функционирования какого-либо из указанных органов ЭТК. В реальном случае диапазоны коэффициентов уверенности CF для нормального (заданного) режима работы ЭТК выбираются, как было указано выше, исходя из реальных плановых, нормативных, лимитных значений по всем используемым в системе энергетических, производственных и др., показателей и обычно находятся в пределах $(-0.8 \div -0.9)$. Резерв 0.1 выбирается для случая улучшения состояния органа относительно заданных установленных показателей. Что касается текущей оценки общего состояния ЭТК предприятия (выделен жирным шрифтом), то его нормальное состояние находится в плюсовом диапазоне $(+0.8 \div +0.9)$ и уменьшается при развитии расстройства функционирования какого-либо органа.

Время обновления входной информации, поступающей в систему, зависит от уровня оперативности и автоматизации сбора, подготовки и передачи данных. Диагностирование ЭТК предприятия осуществляется на суточном, недельном, месячном, квартальном и годовом временных интервалах с ежесуточным нарастанием с начала периода. Результаты диагностирования представляются менеджерам ЭТК и руководителям энергетических цехов и находятся на сервере "Энерго" координирующего центра энергетической службы предприятия (комплекса ЖКХ).

Б. База знаний причин расстройств ЭТК-коборга.

Наряду с текущим диагностированием состояния ЭТК-коборга в интеллектуальной коборг-системе предусматривается регистрация и анализ локальных показателей, влияющих на изменение ВПС, так как изменения этих показателей (возмущений), происходящих внутри и вне самого объекта управления и являются, в конечном счете, причинами нарушения его нормального (заданного) состояния. Среди причин, отрицательно действующих на состояние выработки и обеспечения ТЭР подразделений предприятия, можно отметить,

например, сверхнормативные простои технологического и энергетического оборудования отдельных подразделений предприятия, внешние сокращения подачи электроэнергии, природного газа и пр. Причинами расстройства эффективного использования ТЭР могут быть потери от брака или сверхнормативные расходы на производстве отдельными подразделениями предприятия, снижение качества энергоресурсов и т.д. Причинами расстройства запланированной себестоимости производства энергоресурсов могут являться прямые и косвенные сверхнормативные издержки отдельных подразделений энергетических подразделений предприятия, сверхнормативные потери в энерго-газо сетях. Кроме этого, причинами определенного расстройства могут быть другие расстройства объекта. Например, расстройство процесса выработки ТЭР отдельными подразделениями может явиться причиной расстройства показателя себестоимости.

Анализируя действующие на объект возмущения, система позволяет, во-первых, выявить причины развивающихся расстройств, что позволяет ретроспективно оценить качество работы соответствующих служб менеджеров. Во-вторых, во время появления и оценки возмущений произвести опережающее формирование компенсирующих управляющих воздействий по нейтрализации неблагоприятных последствий этих возмущений с учетом состояния объекта.

В. Формирования оперативных управляющих воздействий.

Задача управления многоагентными комплексами связана с необходимостью координации по назначенным и согласованным локальным показателям качества, оптимизация которых ведет к оптимизации глобального показателя [10]. Применительно к концептуальным положениям коборг-технологии это означает, что обеспечение заданного (нормального) состояния органов ЭТК-коборга приводит к достижению его оптимального состояния в целом. В качестве глобального (целевого) показателя энергосбережения могут быть применены показатели энерго-эффективности и экономии ТЭР, являющиеся, как было указано выше, критериями целеполагания в сетевой архитектуре ЭТК-коборга. Интеллектуальные агенты ЭТК-коборга, относящиеся к производству, потреблению и передаче ТЭР наряду с решением своих локальных задач синхронизируют свои действия в достижении выбранного показателя целеполагания. В соответствии с диаграммой на рис.3 это достигается путем непрерывного диагностирования состояния органов ЭТК-коборга, так и его общего состояния, соответствующих локальным и глобальному (целевому) показателям качества и формируется на сервере координирующего центра "Энерго". Кроме того, выявление возможных внешних и внутренних причин расстройства функционирования ЭТК-коборга представляет через одноранговую компьютерную сеть полную картину текущей ситуации в ЭТК для всех участников кооперации. Такая возможность позволяет соответствующему ЛПР (лицу принятия решения) в соответствии со своими обязательствами своевременно оценить и реализовать необходимые мероприятия по изменению нежелательной ситуации.

Выводы

1. Многоагентный энерго-технологический комплекс промышленного предприятия (комплекса ЖКХ) рассматривается как интеллектуальная информационно-управляющая кооперация – "ЭТК-Коборг" в составе общей сетевой архитектуры управления.

2. В целях эффективного управления кооперацией "ЭТК-Коборг" используется коборг-технология, предусматривающая:

- диагностирование текущего состояния ЭТК-коборга;
- своевременное выявление причин расстройства функционирования состояния ЭТК-коборга;
- формирование рекомендаций по управляющим воздействиям при расстройствах функционирования ЭТК-Коборга.

3. Повышение энергоэффективности при управлении сетевой кооперацией "ЭТК-Коборг" обеспечивается за счет:

- синергетического эффекта;
- ускорения циркуляции информации в сетевой кооперации;
- диагностирования текущего состояния и управления сетевой кооперацией.

Библиографический список

1. Никифоров Б.И, Заславец Г.В. Энергосбережение на металлургических предприятиях: Монография. – Магнитогорск: МГТУ. 2000 г.
2. Нейман С.Ф. Проблемы управления энергосбережением в жилищном фонде. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-upravleniya-energoberezheniem-v-zhilishnom-fonde>.
3. Шайхутдинов А.М.. Анализ перспективных технологий в области энергетики. КиберЛенинка: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-perspektivnyh-tehnologiy-v-oblasti-energetiki>.
4. Соловьев В.И. Интеллектуальная система управления сложными организованными объектами (коборгами). Патент на изобретение RU №2435187 С2, 2011г.
5. Соловьев В.И. Интеллектуальные мультиагентные коборг-системы. Труды XIV-ой Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах», 19-22 июня 2012, Самара, Россия. С.776-779.
6. Makarenko S. I. Informatsionnoe protivoborstvo i radioelektronnaia borba v setentsentricheskikh voinakh nachala XXI veka. Monografiia [Information warfare and electronic warfare to network-centric wars of the early XXI century. Monograph]. Saint Petersburg, Naukoemkie Tekhnologii Publ., 2017. 546 p. (in Russian).
7. Макаренко С.И. Системы управления, связи и безопасности №4. 2017 Systems of Control, Communication and Security sccs.intelgr.com URL: <http://sccs.intelgr.com/archive/2017-04/02-Makarenko.pdf> 18
8. Соловьев В.И. Построение интеллектуальных мультиагентных коборг-систем. Материалы международной научно-практической конференции OSTIS-2015 (Open Semantic Technologies for Intelligent Systems), г. Минск, С.495-498.
9. Представление и использование знаний. Пер. с япон. /Под ред. Х. Уэно, М. Исидзука — М.: Мир, 1989. —220 с., ил.
10. Городецкий В.И. и др. Прикладные многоагентные системы группового управления. Ж. Искусственный интеллект и принятие решений №2. 2009г. С.3-24.

РАЗРАБОТКА АСУ ТП НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ПРИ ОТСУТСТВИИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА

Скребнева Е.В.¹, Немцев А.М.², Созинов А.В.²

¹*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия*

²*ООО «КАТЭН», г. Москва, Россия*

Изначально системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) разрабатывались и внедрялись для управления сложными процессами производства оператором.

В настоящее время наблюдается постоянное усложнение технологических процессов, возникает необходимость управления производством в сложных условиях, а иногда и при воздействии опасных для человека факторов окружающей среды.

Все это обеспечивает необходимость создания АСУ ТП, позволяющих исключить (частично или полностью) человека из системы управления и свести к минимуму влияние «человеческого фактора» на производственные процессы.

Разработка интеллектуальных АСУ ТП основана на включении в систему элементов, которые способны обеспечить функции управления и принятия решений непосредственно применяемой АСУ ТП с обеспечением контроля оператором [3].

В условиях экономического кризиса многие промышленные компании пытаются оптимизировать свои затраты. Предлагаем рассмотреть вариант снижения производственных затрат при внедрении АСУ ТП ПНС № 3, предназначенной для диспетчерского и автомати-

ческого контроля и управления работой оборудования и течением технологических процессов насосных станций при отсутствии оперативного персонала.

Схема автоматизации ПНС № 3 приведена на рис. 1.

Предлагаемая система АСУ ТП позволяет:

- проводить оперативный централизованный контроль технологических параметров в условиях реального времени;
- осуществлять оптимальное управление системой подачи и распределения воды в сети;
- визуализировать протекание технологических процессов, т.е. отображение на экране монитора состояния объектов управления, вводимых оператором команд и реакции на них исполнительных устройств;
- существенно снизить величину косвенных затрат на эксплуатацию удаленных объектов;
- протоколировать все ситуации, в том числе и аварийные, а также действий операторов с возможностью вывода информации на экран монитора и принтер;
- производить оперативное обнаружение аварийных ситуаций с включением индикации (звуковой и световой), а также с выдачей оператору оптимальных рекомендаций по их ликвидации.

При разработке и внедрении АСУ ТП ПНС № 3 предполагается проведение следующих работ.

Преобразователи частоты устанавливаются на сетевые насосы для автоматического поддержания давления в трубопроводе. Установка преобразователей частоты (ПЧ) на двигатели насосов, позволяет регулировать давление в замкнутом контуре, изменением частоты вращения двигателя (рис. 2). Прямая связь ПЧ с диктующими точками измерения, позволяет быстро отследить процесс и принять решение на поддержание и изменение давления в реальном времени. ПЧ позволяют плавно запускать двигатель насоса на открытых задвижках без гидроударов и возникновения кавитации, что увеличивает ресурс подшипников насосов и двигателей, резиновых муфт. Использование ПЧ позволяет снизить потребление электрической энергии на 22 %.

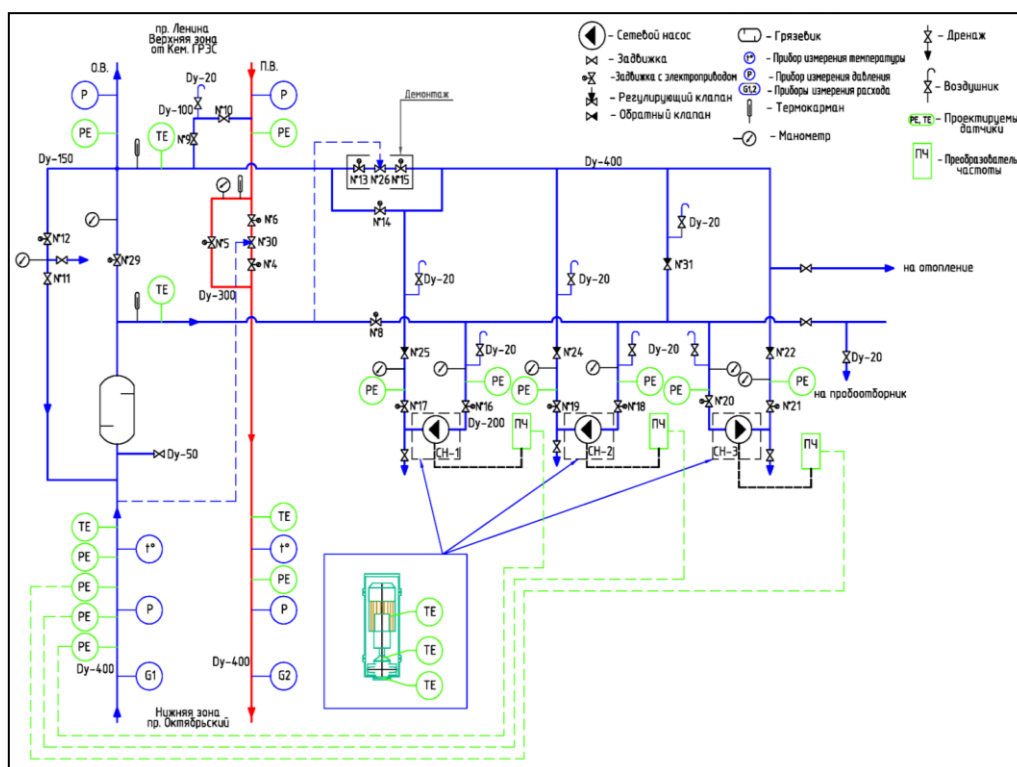
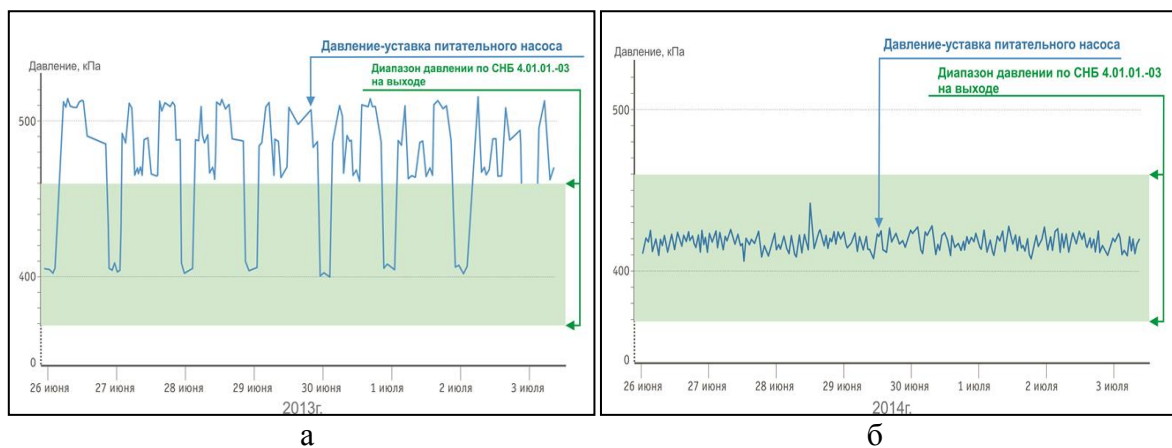


Рисунок 1 – Схема автоматизации ПНС № 3



а – до внедрения АСУ ТП; б – после внедрения АСУ ТП

Рисунок 2 – Оптимизация давления в системе

Информационные датчики температуры подшипников на валу насосного агрегата и кожуха двигателя, устанавливаются в целях предотвращения перегрева механизмов. Они позволяют заблаговременно включить систему охлаждения или осуществить переход на другой насос.

При отсутствии оперативного персонала для визуального осмотра на предмет протечек и задымления необходимо установить цифровую IP-видеокамеру для наблюдения за машинным залом.

Установка магнито-контактных датчиков в техническом подполье и непосредственно по периметру фундаментов насосов позволит оперативно выявить затопление ПНС.

Установка совместимых с контролером датчиков давления позволит оперативно передавать информацию на контроллер и затем в диспетчерский центр. Датчики устанавливаются до и после сетевых насосов, совместимые с преобразователем частоты для управления ПЧ, в обратном трубопроводе, для информирования диспетчера.

Для контроля диспетчером параметров прямого трубопровода устанавливаем два датчика давления до и после МЭО, а также датчик температуры.

Отсутствие регулирующей запорной арматуры сокращает сроки межсезонного ремонта и обслуживания, упрощает гидравлическую схему и позволяет дополнительно снизить затраты электрической энергии на 2 %.

Установка в шкафу панельного контроллера с возможностью тактильного ввода и дополнительных модулей обработки сигналов. Применяемый панельный контроллер (рис. 3):

- собирает всю информацию с датчиков;
- отображает информацию с датчиков на интерактивной мнемосхеме;
- следит за параметрами системы;
- принимает решение на запуск (остановку) насоса;
- оперативно информирует оператора о возникновении неисправности;
- позволяет управлять оборудованием с экрана без использования дополнительных кнопок.



Рисунок 3 – Панельный контроллер ОВЕН СПК107

Состав и стоимость монтируемого оборудования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав и стоимость оборудования АСУ ТП

№	Наименование оборудования	Тип, марка	Кол-во	Стоимость, руб.
1	Преобразователь частоты на сетевые насосы	Delta VFD750CP43A(S)-21 75.0 kW	3	776858
2	Датчики температуры подшипников и двигателей	Owen ДТС035	9	17064
3	Камера видеонаблюдения	LVIP 1080 Street (2,8-12)	1	12638
4	Датчики затопления	H2O-Контакт исп.2	7	3710
5	Датчики давления	Owen ДИ2.5	13	77220
6	Панельный контроллер (ПК)	Owen СПК107	1	26400
7	Модули расширения для ПК	Owen МВ110	3	17460
8	Датчик температуры прямого и обратного трубопровода	Owen ДТС045	2	4250
9	Вспомогательное оборудование (провода, наконечники, гофротруба и т.д.)			150000
	ИТОГО:			1049600

Общая стоимость внедрения АСУ ТП с учетом строительного-монтажных и пусконаладочных работ составляет 2300000 рублей.

Рассмотрим экономическую эффективность внедрения АСУ ТП ПНС № 3.

Показатели приведены из расчета экономии заработной платы четырех человек оперативного персонала на ПНС и экономии электрической энергии при круглосуточной работе одного насоса (обязательно).

Заработная плата (с отчислениями) одного работника составляет 25000 руб./месяц:

- ежемесячная заработная плата работников ПНС № 3:

$$25000 \text{ руб.} \cdot 4 \text{ чел.} = 100000 \text{ руб.}$$

- годовая заработная плата оперативного персонала:

$$100000 \text{ руб.} \cdot 12 \text{ мес.} = 1200000 \text{ руб.}$$

Ориентировочная экономия электрической энергии сетевым насосом, включенным через преобразователь частоты, составляет 22%. Согласно техническим характеристикам электропотребление одного сетевого насоса составляет 75 кВт·час.

Годовая экономия электрической энергии при круглосуточной работе сетевого насоса, подключенного через ПЧ, составляет:

$$75 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \cdot \frac{22\%}{100\%} \cdot 24 \text{ ч} \cdot 365 \text{ дней} = 144540 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Стоимость 1 кВт·ч электрической энергии для первой ценовой категории (максимальная мощность не менее 10 МВт) составляет 5578,35 руб./МВт·ч (без НДС).

Годовая экономия затрат на электрическую энергию при подключении сетевого насоса через ПЧ составляет:

$$144,540 \text{ МВт} \cdot \text{ч} \cdot 5578,35 \text{ руб./ МВт} \cdot \text{ч} \cdot 1,2 = 967553,65 \text{ руб.}$$

Суммарная годовая экономия при внедрении АСУ ТП на ПНС № 3 составляет:

$$1200000 \text{ руб.} + 967553,65 \text{ руб.} = 2167553,65 \text{ руб.}$$

Простой срок окупаемости внедрения на ПНС № 3 АСУ ТП составляет:

$$T_o = \frac{\text{инвестиции}}{\text{экономический эффект}} = \frac{2300000 \text{ руб.}}{2167553,65 \text{ руб.}} = 1,06 \text{ года}.$$

Из приведенных расчетов видно, что инвестиции в размере 2300000 руб. для внедрения на ПНС № 3 АСУ ТП окупаются за 1 год.

Библиографический список

1. Здор Г.Н., Синецын А.В. Снижение энергозатрат повысительных насосных станций путем исключения завышенного давления в водопроводной сети [Электронный ресурс] // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2015. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/snizhenie-energozatrat-povysitelnyh-nasosnyh-stantsiy-putem-isklyucheniya-zavyshennogo-davleniya-v-vodoprovodnoy-seti> (дата обращения: 01.10.2019).
2. Илющенко В.В. Алгоритмы работы АСУТП на основе отказоустойчивого оборудования для насосных станций [Электронный ресурс] // Вестник ИрГТУ. 2010. №4 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-raboty-asutp-na-osnove-otkazoustoychivogo-oborudovaniya-dlya-nasosnyh-stantsiy> (дата обращения: 01.10.2019).
3. Луков Д.К. Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) [Электронный ресурс] // European science. 2019. №2 (44). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-tehnologicheskim-protssom-asu-tp> (дата обращения: 01.10.2019).
4. Тихомиров В.А., Мальцев А.Н. Автоматизация насосных станций на основе промышленного контроллера и SCADA системы [Электронный ресурс] // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2014. №1 (103). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-nasosnyh-stantsiy-na-osnove-promyshlennogo-kontrollera-i-scada-sistemy>.

МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСЛОВНО-ПОСТОЯННЫХ И УСЛОВНО-ПЕРЕМЕННЫХ РАСХОДОВ

Кузнецова Е.С.¹, Кузнецов В.А.¹, Романюк С.Ю.², Кузьмин С. А.³

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

²ООО "Горэлектросеть", г. Новокузнецк, Россия

³ООО "Шахтпроект Сибирь", г. Новокузнецк, Россия

В соответствии с Федеральным законом №261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности" от 23.11.2009 г. все предприятия Российской Федерации должны в полной мере заниматься экономией энергоресурсов, оптимизировать производственные процессы и рабочие режимы оборудования и установок, проводить повседневную работу, направленную на энергосбережение. Для решения вышеуказанной проблемы необходимы методики и средства (приборы, установки), позволяющие с достаточной точностью проводить измерения электрических параметров оборудования с целью их дальнейшей систематизации и оптимизации [1].

Известно, что расходы активной электроэнергии подразделяются на условно-переменные расходы УПерР - расходы энергии на выполнение основных технологических операций и условно-постоянные расходы УПР, которые не зависят от изменения объема производства, например, расход энергии на освещение, привод вентиляционных устройств, отопление, кондиционирование воздуха. Расход энергии по переменной части может определяться укрупненно на основе времени работы оборудования или по сводным нормам, а постоянной часть расхода энергии - на основе нормативов освещенности, отопления помещений и т.д.

В то же время, такое разделение очень важно, так как ответственность за условно-переменные расходы чаще всего должна ложиться на технологический (электротехнологический) персонал, который формирует идеологию производства, а также непосредственно реа-

лизует технологические режимы работы технологического оборудования. Ответственность за условно-постоянные расходы должен нести ответственный за электрохозяйство (главный энергетик) предприятия, так как именно он формирует идеологию работы вспомогательного оборудования (вентиляторы, системы воздухо- и водоснабжения), а также основных электрических вспомогательных производства (ЦСиП, ЭРЦ, цех водоснабжения и др.). Безусловно, за увеличение условно-постоянных расходов несет несистемную ответственность и другой персонал производства, например, служба механиков - за неоптимальные сроки и качество ремонтов, аварийность механического оборудования, технологи - за аварийность технологического оборудования, приведшая к простоям и увеличению расходов электроэнергии из-за аварийных ремонтов [2].

Разделение потребления электроэнергии на вышеуказанные части необходимо также для бухгалтерского учета, где понятия УПР и УПерР существуют, но методы расчетов и полученные результаты приближительны.

На сегодняшний день основным способом определения УПР и УПерР электроэнергии являлся аналитический метод, который устанавливает технически обоснованные нормы для энергоемких агрегатов (печи, компрессоры, насосы). Для этого нужно установить зависимости, показывающие влияние отдельных факторов на величину удельного расхода энергии. Использование данного метода для нормирования расхода энергии всего установленного на предприятии электрооборудования усложняется большим числом единиц установленного оборудования, малой единичной мощностью, многообразием обрабатываемых деталей и технологических операций, а также неравномерностью режимов работы [3,4].

В представленной работе рассматриваются метод определения УПР и УПерР в машинном зале наиболее современного рельсобалочного цеха (РБЦ).

Машинный зал РБЦ снабжается электроэнергией по двум вводам с подстанции РП-403. Нагрузкой подстанции являются электроприводы (главные приводы) черновых клетей ВД 1, ВД 2, трех клетей установки «Тандем», а также чистой клетки, электроприводы пил горячей резки и другого вспомогательного технологического оборудования.

Метод определения УПР и УПерР состоит из нескольких этапов:

1. Суммируется активная электроэнергия счетчиков на подстанции РП-403.
2. С помощью специального устройства происходит разделение общего времени потребления активной электроэнергии на время работы электрооборудования и время простоя.
3. Общая электроэнергия, потребленная производством, делится на две составляющие учета:
 - составляющая учета электроэнергии, потребляемой при простоях, когда основное технологическое оборудование не производит продукцию;
 - составляющая учета электроэнергии, потребляемой производством в рабочем режиме (полное потребление электроэнергии).

Ниже представлена работа устройства для определения УПР и УПерР с использованием программируемого реле OWEN Logic.

В нормальном режиме работы сигнал расхода электроэнергии поступает на счетчик №1, который учитывает условно-постоянные и условно-переменные расходы. При возникновении простоя, цепь учета переключается и приходит на счетчик №2, который учитывает только условно-постоянные расходы. Переключающее устройство управляется программируемым реле в автоматическом или ручном режиме (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Структурная схема модернизированной АСУЭ

Для обеспечения работы программируемого реле разработан алгоритм в программном обеспечении OWEN Logic на языке FBD, который изображен на рисунке 2.

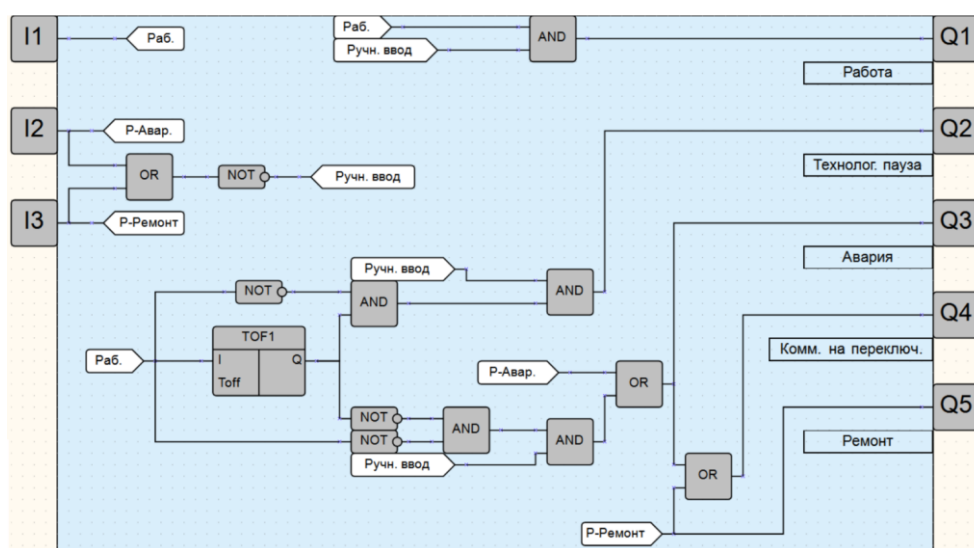


Рисунок 2 – Алгоритм работы программируемого реле

Алгоритм работы программируемого реле может работать как в автоматическом режиме, так и в ручном.

В ручном режиме система управляется с кнопок «Авария» (вход I2) и «Ремонт» (вход I3). В данном случае система переводится в соответствующий режим – аварийный или ремонтный. При переходе в любой из вышесказанных ручных режимов, система переключает учет электроэнергии в режим «Простой», осуществляя таким образом ручное управление устройством. Ручное управление является для системы приоритетным, поэтому при подаче сигналов с кнопок «Авария» или «Ремонт», система игнорирует автоматический режим. При переходе системы в режим «Авария» «Ремонт», учитываются только условно-постоянные потери.

В автоматическом режиме основным управляющим воздействием на систему является сигнал от датчиков режима работы («Работа», «Простой»), которые установлены на подстанции РП-403, а также на главных приводах машинного зала. При режиме «Работа» сигнал равен логической 1, а при режиме «Простой» логическому 0.

1) на вход I1 подается сигнал от датчика, определяющий один из режимов работы цеха: «Работа» или «Простой»;

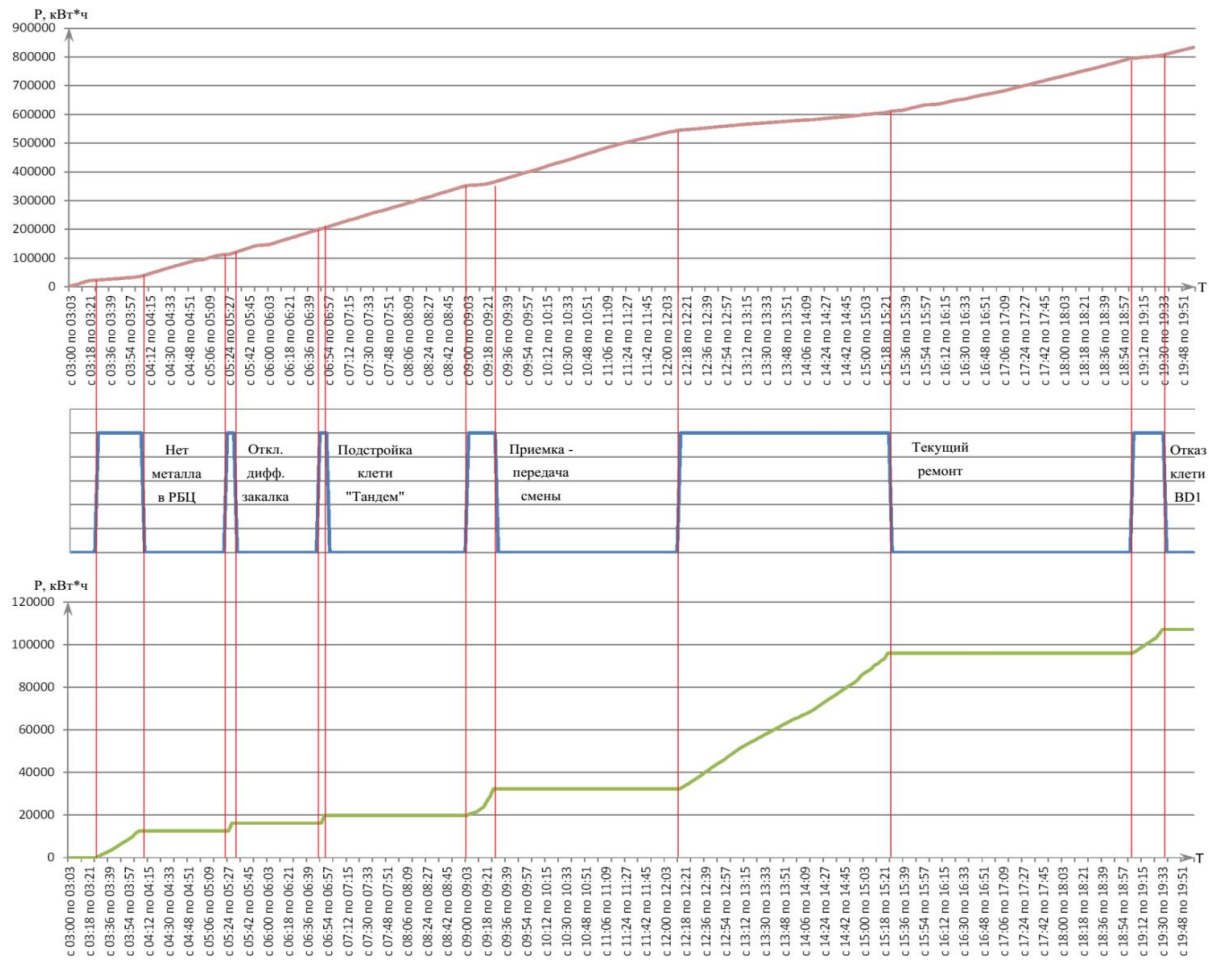
2) выходы Q1, Q2, Q3 и Q5 выводятся на световой сигнал, которые сигнализируют о различном статусе работы цеха: «Работа», «Технологическая пауза», «Авария» и «Ремонт»;

3) выход Q4 подает управляющее воздействие на переключающее устройство, которое переключает цепь учета от счетчика №1 на счетчик №2, чтобы разделять условно-постоянные и условно-переменные расходы;

4) нормальный режим алгоритма работает при подаче сигнала на вход I1 и отсутствии сигналов на входах I2 и I3. сигнал подается на выход Q1, сообщая о том, что цех работает в нормальном режиме. В данном режиме цепь учета электроэнергии подключена к счетчику №1;

5) при исчезновении сигнала со входа I1 и отсутствии сигналов на входах I2 и I3, система перестает подачу выходного сигнала на выход Q1 и подает выходной сигнал на выход Q2, сообщая о том, что оборудование цеха находится в режиме «Технологическая пауза». Одновременно с подачей сигнала на выход Q2 включается временная задержка, величина которой определяется техническими специалистами промышленного предприятия. В данном режиме цепь учета электроэнергии все еще подключена к счетчику №1;

6) если при нахождении системы в статусе «Технологическая пауза» сигнал на вход I1 появился до окончания временной задержки, то система возвращается в нормальный режим работы при условии отсутствия сигналов на входах I2 и I3;



03:21 -04:06	45 Мин
Остановка производства из-за отсутствия металла	
05:21-05:30	9 Мин
Остановка производства из-за отключения оборудования на участке дифференциальной закалки рельсов	
06:45-06:54	9 Мин
Остановка производства из-за подстройки параметров клетки "тандем"	
08:57-09:27	30 Мин
Остановка производства из-за приемки - передачи смены	
12:09-15:24	3 ч. 15 Мин
Остановка производства из-за текущего ремонта оборудования цеха	
19:00-19:33	33 Мин
Остановка производства из-за отказа оборудования клетки BD1	

Время наблюдения	1020	мин
Время простоев	303	мин
Всего потреблено электроэнергии за время наблюдения	833184	кВт*ч
Всего потреблено электроэнергии за простои	107136	кВт*ч
Условно - постоянные расходы (среднее значение)	31826	кВт*ч
В процентах условно - постоянные расходы от общего потребления		4%

Рисунок 3 – Режим работы производственного подразделения с выделением условно-постоянных расходов

7) если при нахождении системы в статусе «Технологическая пауза» сигнал не появился на вход П1 до окончания временной задержки, то система автоматически переводится в режим «Авария». В данном случае сигнал подается на выход Q3, сообщая о переходе системы в статус «Авария», и на выход Q4, переключая цепь учета на счетчик №2. Таким образом ведется учет только условно-постоянных потерь;

8) если при нахождении системы в режиме «Авария» подается сигнал на вход П1, то система возвращается в нормальный режим при условии отсутствия сигналов на входа И2 и И3. При этом цепь учета переключается на счетчик №1.

Применение системы учета показано на графиках (рис. 3) с данными трехминутного потребления электроэнергии рельсобалочным цехом за период в 1020 минут.

Исходя из графика общее потребление составляет 833 МВт·ч. количество технологических пауз – 303. В течении технологических пауз было израсходовано 107 МВт·ч.

Средняя величина условно-постоянных расходов электроэнергии – 32 МВт·ч, что составляет 4 % от общего потребления электроэнергии.

Предлагаемое решение с использованием микропроцессорных устройств позволит в автоматическом режиме вести разделение расходов электроэнергии на условно-постоянные и условно-переменные за любой временной промежуток (час, смена, день, неделя, месяц и т.д.), что позволит использовать получаемую информацию при формировании программы энергосбережения промышленного предприятия.

Описанный в статье метод учета электроэнергии может быть использован в существующих системах учета электроэнергии при разработке алгоритма работы в соответствии с технологическим процессом конкретного промышленного предприятия, с целью разделения зон ответственности между технологическим и электротехническим персоналом при разделении электроэнергии на условно-постоянные и условно переменные составляющие [5]. Так как существующие на настоящий момент методы расчета (аналитический и расчетно-статистический) имеют недостатки, не позволяют предприятиям в полной мере использовать их в бухгалтерском и техническом учетах расхода электроэнергии.

Библиографический список

1. Организация энергосбережения (энергомеджмент). Решения ЗСМК-НКМК-НТМК-ЕВРАЗ: Учеб. пособие [Текст] / Под ред. В.В. Кондратьева. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 108 с. – Управление производством.
2. Кузнецов В.А. Методика определения условно-переменных и условно-постоянных расходов электроэнергии на примере металлургического предприятия [Текст] / В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова, С. Ю. Романюк. - Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Седьмой Всероссийской научно практической конференции ; Под общей редакцией В.Ю. Островляничика.- Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2016 г. - С. – 253-259.
3. Кудрин Б. И. Особенности установления норм электропотребления металлургических производств [Текст] / Б. И. Кудрин, И. З. Глейзер, Е. С. Кузнецова. - Промышленная энергетика, 1999 - № 11 - С. 24-26.
4. Гофман И. В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий [Текст] / И. В. Гофман. - М.Л.: Энергия, –1966. –370 с.
5. Бедерак Я. С. Применение АСУЭ на промышленных предприятий для решения задач энергосбережения [Текст] / Я. С. Бедерак, А. В. Дегтярев. - ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ • ЭНЕРГЕТИКА • ЭНЕРГОАУДИТ. – 2010. - №5 – С. – 28-35.

О РАЗРАБОТКЕ БАЗЫ НОРМАТИВНЫХ СИТУАЦИОННЫХ ТАКТОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА

Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Объектом исследования является прокатный комплекс, который включает заготовочный (обжимной) цех и сортопрокатный цех, состоящий из четырех параллельно работающих передельных станов (среднесортного и трех мелкосортных), рисунок 1. Связующим звеном в этом комплексе является промежуточный склад заготовок обжимного цеха, предназначенный для поддержания рационального запаса заготовок с целью бесперебойного обеспечения металлом передельных станов.

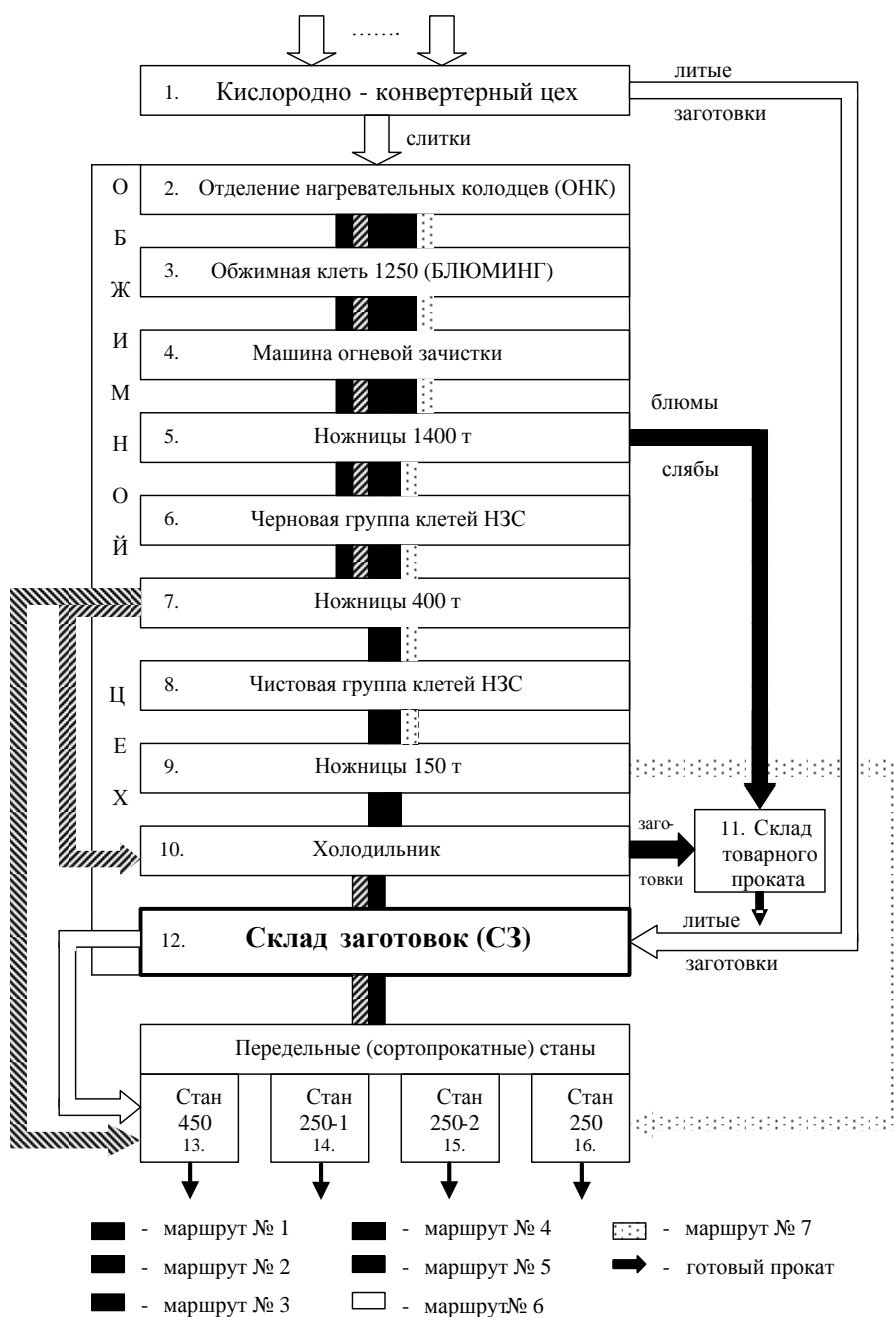


Рисунок 1 – Схема технологических маршрутов прокатного комплекса

Анализируемый комплекс прокатных цехов рассматривается как сложная производственная система с многовариантными технологическими маршрутами, выбираемыми в зависимости от сортамента (маркопрофилеразмеров) и назначения готовой продукции, от типа и параметров полуфабрикатов (слитки или непрерывно литых заготовок), от технических характеристик и количества параллельно работающего оборудования, от технологических режимов обработки металла. В настоящее время материальные потоки исследуемого прокатного комплекса организованы по шести маршрутам.

Слитки, поступающие из кислородно-конвертерного цеха, нагреваются в ячейках колодцев, прокатываются на блюминге (обжимной клетки 1250) в раскаты, которые после зачистки поверхности машиной огневой зачистки (МОЗ) направляются по разным траекториям в зависимости от назначения, требуемых размеров полуфабрикатов и готовой продукции:

- большая часть раскатов (65–75 %) идет на производство заготовок, предназначенных для прокатки их на передельных станах по маршрутам 1, 2, 3;
- другая часть раскатов (25–35 %) идет для производства товарной продукции: блюмов и слябов по маршруту № 4, заготовок сечением 100×100 мм по маршруту № 5.

Для получения заготовок сечением 100×100 мм раскаты после зачистки поверхности на МОЗ подаются к ножницам 1400 т, которые производят обрезку дефектных концов раската (головного и донного). Затем полоса прокатывается последовательно в черновой и чистой группам непрерывно-заготовочного стана (НЗС), раскраивается на летучих ножницах 150 т на заготовки мерной длины, которые транспортируются на холодильник, где охлаждаются и передаются на склад заготовок для дальнейшего передела на мелкосортных станах (маршрут № 1) или передаются на склад товарного проката для подготовки к отгрузке потребителям (маршрут № 5).

Рассмотренные основные технологические маршруты № 1, № 2 организованы в системе «обжимной цех → холодильник → склад заготовок → передельные станы», так называемый «холодный посад» заготовок, поступающих из штабелей склада по рольгангам к нагревательным печам четырех сортопрокатных станов. Кроме того, организован транзитный маршрут № 3 «обжимной цех → стан 450», предусматривающий так называемый «горячий посад» заготовок, поступающих от ножниц 400 т через систему передающих устройств (шлепперов, рольгангов) в горячем состоянии сразу к нагревательным печам стана 450, что в значительной степени экономит временные и топливные ресурсы. Раскаты, предназначенные для производства товарных полуфабрикатов (блюмов и слябов) после зачистки поверхности дефектов подаются к ножницам 1400 т, где производится их порезка на соответствующие длины, согласно заказам потребителей, затем полуфабрикаты транспортируются на участок складирования товарного проката (маршрут № 4).

Часть металла поступает в прокатный комплекс из отделения непрерывной разливки стали кислородно-конвертерного цеха в виде литых заготовок сечением 150×150 мм, которые транспортируются непосредственно на склад заготовок, откуда в дальнейшем подаются к нагревательным печам стана 450 (маршрут № 6).

Методика построения взаимосвязанных технически возможных и нормативных тактов работы оборудования, их классификация и применение в прокатном производстве рассмотрены в работах [1, 2].

С целью выявления внутренних резервов производства, совершенствования организации, планирования и оперативного управления материальными потоками выполнена многовариантная по ситуациям оценка тактов, характеризующих функционирование исследуемого прокатного комплекса на основе разработанных ситуационных тактовых моделей по следующим этапам.

1. Определение технически возможных ∂^{0a} и нормативных ∂^i тактов работы основного и вспомогательного оборудования комплекса:

- в обжимном цехе (такты процессов: нагрева в отделении нагревательных колодцев (ОНК), прокатки на блюминге и на НЗС, зачистки на МОЗ, порезки на ножницах и охлажде-

ния на секциях холодильника), $\dot{O}_{i\dot{a}\dot{o}}^{\dot{a}(i)}$;

– на среднесортном стане 450 (такты процессов: нагрева в печах с шагающим подом, непрерывной прокатки в клетях, охлаждения на холодильнике, правки на сортоправильных машинах, порезки на ножницах и пакетировки), $\dot{O}_{450}^{\dot{a}(i)}$;

– на мелкосортных станах 250-1 и 250-2 (такты процессов: нагрева в методических печах, непрерывной прокатки в две заготовки в клетях, охлаждения на холодильнике, порезки на ножницах и пакетировки), $\dot{O}_{250-1}^{\dot{a}(i)}$, $\dot{O}_{250-2}^{\dot{a}(i)}$;

– на проволочном стане 250 (такты процессов: нагрева в методических печах, непрерывной прокатки в четыре заготовки в клетях, формирования бунтов в специальных машинах, охлаждения бунтов на крюковом конвейере и их обвязки), $\dot{O}_{250}^{\dot{a}(i)}$

2. Выбор технически возможного (нормативного) такта работы k -го подразделения комплекса, включающего n последовательно связанных единиц оборудования осуществлялся в соответствии с правилом:

$$\dot{O}_k^{\dot{a}(i)} = \max \left\{ \dot{O}_{k.1}^{\dot{a}(i)}, \dot{O}_{k.2}^{\dot{a}(i)}, \dots, \dot{O}_{k.n}^{\dot{a}(i)} \right\}, \quad (1)$$

где $\dot{O}_{k.n}^{\dot{a}(i)}$ – такт работы n -го оборудования k -го подразделения, с.

3. Определение тактов работы прокатного комплекса по z -му технологическому маршруту с учетом производственных ситуаций при совместной работе k -тых подразделений, $\dot{O}_z^{\dot{a}(i)}$.

С целью сокращения расхода топливно-энергетических ресурсов на основании изучения существующей организации материальных потоков в прокатном комплексе по вышеназванным маршрутам, планов расположения технологического и транспортного оборудования на складе заготовок, а также полученных оценок тактов работы обжимного цеха и сортопрокатных станов была выявлена возможность ввода дополнительного транзитного маршрута № 7 горячих заготовок на линии «обжимной цех – проволочный стан 250». При этом раскаты сечением 100×100 мм после порезки их на ножницах 150 т, не охлаждаясь на холодильнике, передаются шлеппером (который необходимо установить на складе) на подводящий рольганг к методической печи № 2 проволочного стана. Следует отметить, что транзит для печи № 1 стана 250 не предусматривается, так как между холодильниками и загрузочной решеткой печи № 1 проволочного стана располагаются стеллажи, железнодорожные и троллейные пути, штабели, ликвидация которых нарушит работу склада. Кроме этого, печь № 1 находится на большом расстоянии от холодильников, что снизит температуру транзитного металла при его транспортировке к этой печи.

Работа прокатного комплекса может осуществляться по вариантам, которые соответствуют следующим производственным ситуациям (Sit), рисунок 2, зависящим от вида и размера заготовок (цифры соответствуют блокам рисунка 1).

Моделирование тактов работы обжимного цеха и сортопрокатных станов осуществлялось для приведенной расчетной единицы продукции (штуке), за которую принят слиток определенного типа, сопоставимый по весу с пакетом заготовок заданных размеров (по сечению и длине). При этом учитывались возможные ситуации, каждая из которых характеризуется технологическими режимами нагрева, прокатки и охлаждения, количеством используемого вспомогательного оборудования (нагревательных и охлаждающих устройств, режущих и пакетизирующих агрегатов), сочетанием и направлением материальных потоков.

Многовариантное моделирование позволило определить рациональные условия выполнения технологических маршрутов. Фрагменты результатов моделирования и оценивания тактов работы прокатного комплекса представлены по некоторым ситуациям в таблицах 1–3. Отметим, что в таблицах приведены (в качестве характерных примеров) только по одному из многочис-

ленных вариантов разработанной базы нормативных данных, учитывающей сочетания возможных режимов, количества используемого оборудования и характеристик продукции.

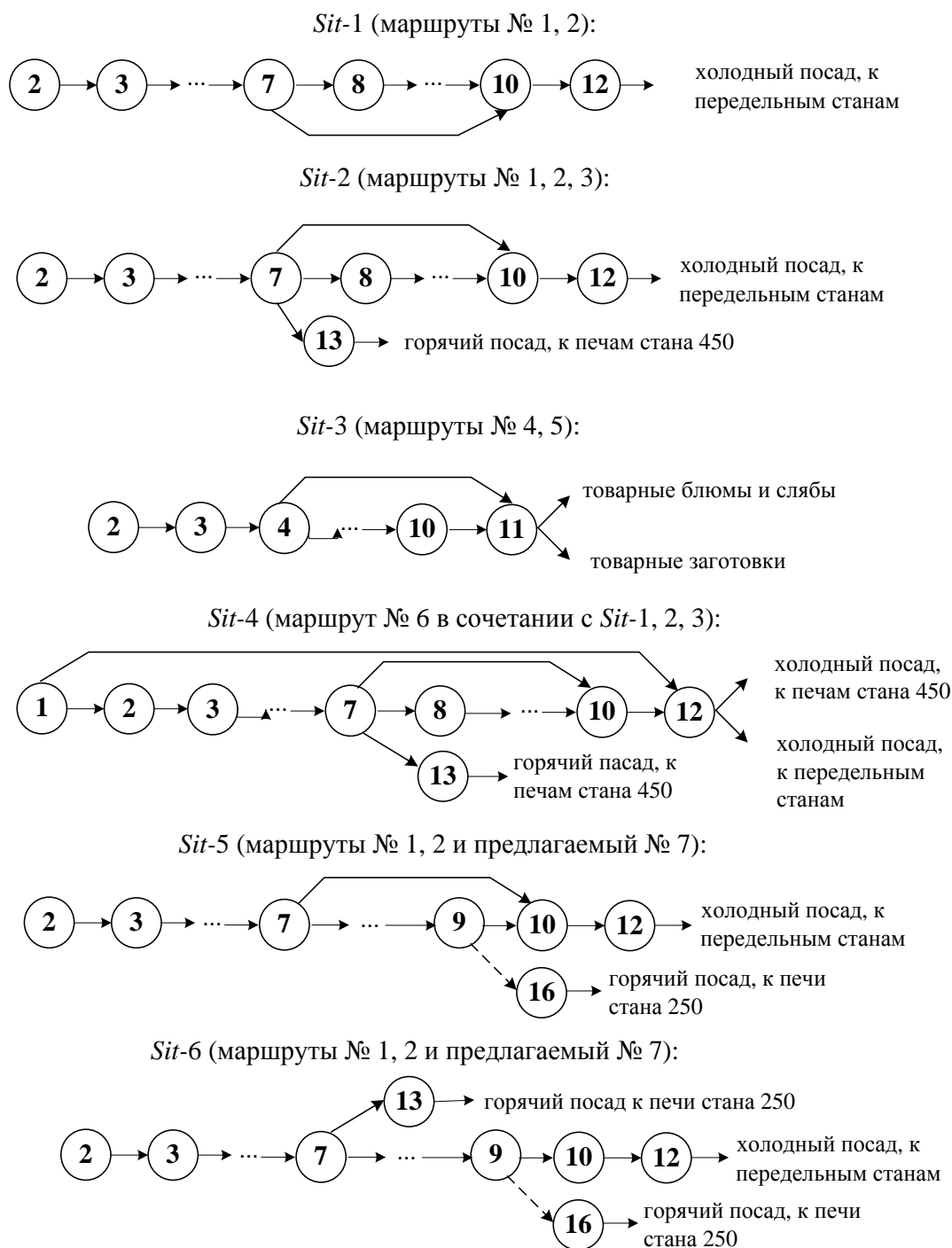


Рисунок 2 – Схема производственных ситуаций по технологическим маршрутам

Для бесперебойной работы передельных станов при холодном посаде заготовок (*Sit-1*) такт работы обжимного цеха $\dot{\Delta}_{i\ddot{a}\ddot{o}}^{\dot{\Delta}a(i)}$ должен быть меньше такта совместной работы передельных станов (эквивалентного такта) $\dot{\Delta}_{\ddot{y}\ddot{e}\ddot{a}}^{\dot{\Delta}a(i)}$, то есть $\dot{\Delta}_{i\ddot{a}\ddot{o}}^{\dot{\Delta}a(i)} < \dot{\Delta}_{\ddot{y}\ddot{e}\ddot{a}}^{\dot{\Delta}a(i)}$.

В неравенстве знак «меньше» указывает на то, что обжимной цех обеспечивает металлом не только передельные станы, но и выпускает дополнительное количество металла на реализацию товарной продукции (блюмов, слябов, заготовок) и для создания, в случае необ-

ходимости, текущего и технологического запаса заготовок на складе.

$$\dot{O}_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} = T_{250-1}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{250-1} + T_{450}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{450} + T_{250}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{250} + T_{250-2}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{250-2} \quad (2)$$

где γ_{250-1} , γ_{450} , γ_{250} , γ_{250-2} – количество пакетов заготовок, соответствующих расчетным тактам работы передельных станов, шт.

При работе нагревательных печей стана 450 с горячим посадом заготовок обжимной цех может работать по двум направлениям, то есть подавать пакеты заготовок транзитом к печам стана 450 и на склад в штабели (Sit-2) в следующем соотношении:

$$\dot{O}_{450}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \geq \dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}(450)}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{i\dot{a}\ddot{o}(450)} + \dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}(\bar{n}\zeta)}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{i\dot{a}\ddot{o}(\bar{n}\zeta)} \quad (3)$$

где $\dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}(450)}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)}$, $\dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}(\bar{n}\zeta)}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)}$ – такты работы обжимного цеха при горячем транзите пакетов заготовок к печам стана 450 и складировании пакетов в штабели, с; $\gamma_{i\dot{a}\ddot{o}(\bar{n}\zeta)}$, $\gamma_{i\dot{a}\ddot{o}(450)}$ – количество пакетов заготовок, подаваемых из обжимного цеха к печам стана 450 и на склад, шт.

Например, такт работы обжимного цеха при прокатке слитка составляет $\dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}}^{\dot{\partial}\dot{a}} = 42,55$ с; такт работы стана 450 при прокатке пакета заготовок в готовые профили (швеллеры) равен $\dot{O}_{450}^{\dot{\partial}\dot{a}} = 128,82$ с, то есть согласно формуле (1):

$$\dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}}^{\dot{\partial}\dot{a}} = \max\{40,76; 38,75; 27,72; 42,55; 30,05; 38,94\} = 42,55 \text{ с (на пакет заготовок)}$$

$$\dot{O}_{450}^{\dot{\partial}\dot{a}} = \max\{10,07; 21,47; 18,9; 18,3; 17,4\} = 21,47 \text{ с (на заготовку) или}$$

$$\dot{O}_{450}^{\dot{\partial}\dot{a}} = 128,82 \text{ с (на пакет заготовок).}$$

Следовательно, обжимной цех должен обеспечить подачу пакета горячих заготовок стану 450 через каждые 128,82 с, при этом он может подать еще два пакета на склад для дальнейшей передачи их мелкосортным станам (таблица 1).

В данном случае, проверка соответствия тактов показывает, что условие (3) выполняется:

$$\dot{O}_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{\partial}\dot{a}} = 42,55 + 85,1 = 127,65 \text{ с; } (\dot{O}_{450}^{\dot{\partial}\dot{a}} = 128,82 \text{ с}) > (\dot{O}_{\dot{y}\dot{e}\dot{a}}^{\dot{\partial}\dot{a}} = 127,65 \text{ с}).$$

Таблица 1 – Оценивание такта работы прокатного комплекса для Sit-2 (пример)

Такты работы				Такт подачи пакетов ($\gamma = 2$) на склад	Такт работы комплекса с учетом количества пакетов (γ) подаваемых на	
Обжимного цеха	Стана 450	Холодильника			стан 450	склад
	с учетом работы трех печей	количество секций				
		9	10		один	два
Технически возможные такты, с						
42,55	128,82	38,94	35,05	85,1	128,82	
Нормативные такты, с						
47,28	140,04	44,25	39,83	94,56	140,04	

При работе нагревательной печи № 2 проволочного стана 250 с горячим посадом заготовок (Sit-5) должно соблюдаться следующее условие рационального функционирования комплекса (таблица 2):

$$\dot{O}_{250}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \geq \dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}(250)}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{i\dot{a}\ddot{o}(250)} + \dot{O}_{i\dot{a}\ddot{o}(\bar{n}\zeta)}^{\dot{\partial}\dot{a}(i)} \cdot \gamma_{i\dot{a}\ddot{o}(\bar{n}\zeta)} \quad (4)$$

Таблица 2 – Оценивание такта работы прокатного комплекса для *Sit-5* (пример)

Такты работы (на слиток)			Такт подачи пакетов ($\gamma = 11$) на склад	Такт работы комплекса с учетом количества пакетов (γ), подаваемых на	
Обжимного цеха	Стана 250	Холодильника		стан 250	склад
		с учетом работы одной печи	количество секций 10		
Технически возможные такты, с					
42,55	510,9	31,25	468,05	510,9	
Нормативные такты, с					
47,28	601,12	35,51	520,05	601,12	

По результатам моделирования условие (4) выполняется:

$$\begin{aligned} \dot{O}_{\gamma\hat{e}\hat{a}}^{\hat{a}} &= 42,55 \cdot 1 + 42,55 \cdot 11 = 510,6 \text{ с} \\ (\dot{O}_{250}^{\hat{a}} = 510,9 \text{ с}) &\geq (\dot{O}_{\gamma\hat{e}\hat{a}}^{\hat{a}} = 510,6 \text{ с}). \end{aligned}$$

Функционирование прокатного комплекса при работе нагревательных печей стана 450 и печи стана 250 с горячим посадом заготовок (*Sit-6*) должно осуществляться в соотношении:

$$\dot{O}_{250}^{\hat{a}(i)} \geq \dot{O}_{i\hat{a}\hat{o}(250)}^{\hat{a}(i)} \cdot \gamma_{i\hat{a}\hat{o}(250)} + \dot{O}_{i\hat{a}\hat{o}(450)}^{\hat{a}(i)} \cdot \gamma_{i\hat{a}\hat{o}(450)} + \dot{O}_{i\hat{a}\hat{o}(\hat{n}\hat{c})}^{\hat{a}(i)} \cdot \gamma_{i\hat{a}\hat{o}(\hat{n}\hat{c})} \quad (5)$$

По результатам моделирования (таблица 3) условие (5) выполняется:

$$\begin{aligned} \dot{O}_{\gamma\hat{e}\hat{a}}^{\hat{a}} &= 42,55 \cdot 1 + 42,55 \cdot 4 + 42,55 \cdot 7 = 510,6 \text{ с} \\ (\dot{O}_{250}^{\hat{a}} = 510,9 \text{ с}) &\geq (\dot{O}_{\gamma\hat{e}\hat{a}}^{\hat{a}} = 510,6 \text{ с}). \end{aligned}$$

Таким образом, ввод дополнительной транзитной технологической линии к проволочному стану даст возможность при незначительных капитальных вложениях сократить текущие затраты проволочного стана за счет уменьшения времени нагрева и интенсивности подачи топлива, так как одна печь будет работать в режиме подогрева заготовок (*Sit-5*, 6).

Таблица 3 – Оценивание такта работы прокатного комплекса для *Sit-6* (пример)

Такты работы (на слиток)					Такт подачи пакетов ($\gamma = 7$) на склад	Такт работы комплекса с учетом количества пакетов (γ), подаваемых на		
Обжимного цеха	Стана 250	Стана 450	Холодильника			стан 250	стан 450	склад
	с учетом работы нагревательных печей		количество секций					
		одной	трех	8	9	один	четыре	семь
Технически возможные такты, с								
42,55	510,9	128,82	38,6	34,5	297,85	510,9		
Нормативные такты, с								
47,28	601,12	140,04	43,86	39,2	330,94	601,12		

Разработанные математические модели тактов работы оборудования, участков, цехов прокатного комплекса, последовательность которых представлена на рисунке 3, необходима для решения задач оптимизации множества технологических маршрутов, а также для планирования и оперативного управления производством.

Внедрение предлагаемого организационно-технического мероприятия (проектный маршрут № 7) от ножниц 150 т к проволочному стану 250 позволит улучшить следующие технико-экономические показатели прокатного комплекса (таблица 4):

- снизить удельный расход топлива технологического;
- снизить удельный расход металла (за счет сокращения угара и окалины);
- уменьшить затраты на крановые операции (за счет сокращения количества рейсов электромостовых кранов);
- снизить текущие запасы на складе заготовок;
- сократить издержки производства;
- увеличить объем производства и рентабельность продукции.

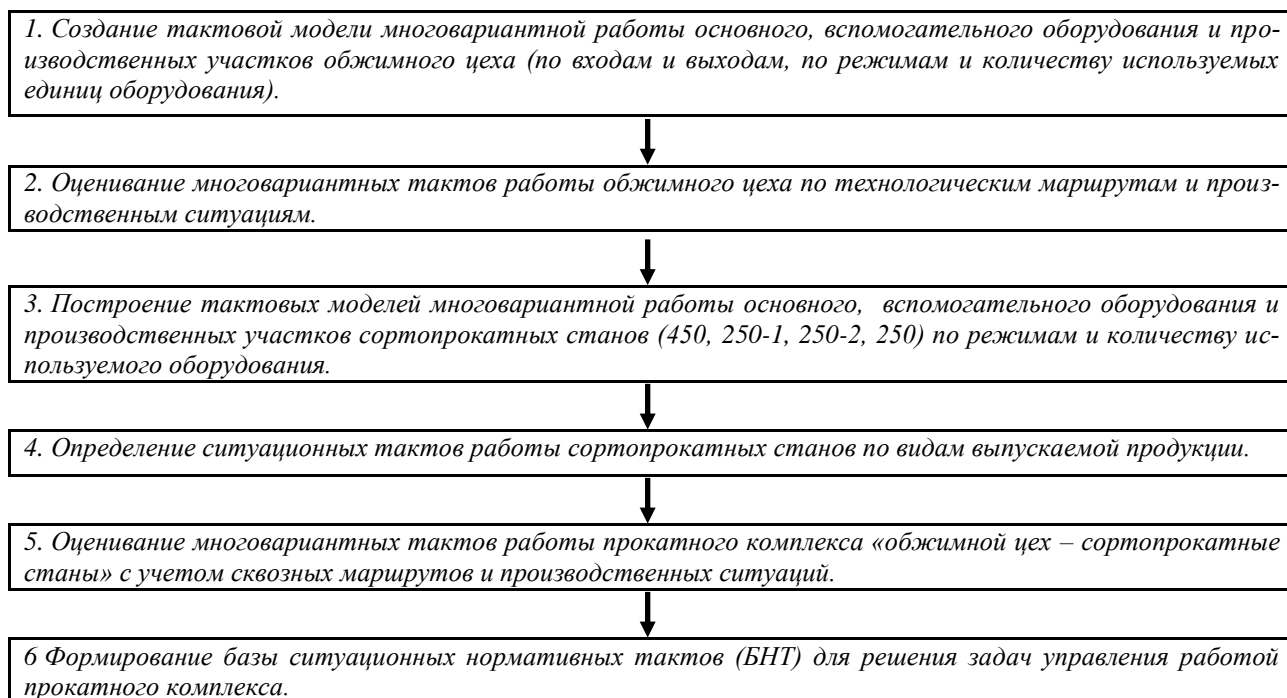


Рисунок 3 – Укрупненная схема формирования БНТ

Таблица 4 – Техничко-экономические показатели прокатного комплекса для Sit-5

Показатели	Единицы измерения	Нормативные значения			
		обжимной цех		проволочный стан	
		план	проект	план	проект
1. Производственная мощность	т/год	6702418	6756418	886627	941930
2. Объем производства	т/год	6620133	6674133	875742	930459
3. Товарная продукция	т/год	1527584	1581584	871896	926613
4. Производительность стана	т/ч	848,3	855,2	119,2	126,7
5. Удельный расход металла	т/т	1,107		1,0277	1,0253
6. Расходы по переделу	руб/т	73,52	72,82	147,20	139,56
7. Себестоимость продукции	руб/т	1768,79	1767,89	1998,3	1984,32
8. Прибыль товарной продукции	млн. руб	945,69	978,62	609,82	643,54
9. Рентабельность продукции	%	35	36	35	36
10. Годовая экономия	млн. руб	–	6,00	–	13,05
11. Капитальные вложения	млн. руб	–	–	–	2,5
12. Срок окупаемости проекта	лет	–	–	–	0,2

Библиографический список

1. Musatova A. I., Kulakov S. M., Kadykov V. N. Operating cycles of automated production systems // Steel in translation. – 2011. vol. 41, num. 4. pp. 294 – 300.

2. Kulakov S. M., Musatova A. I., Kadykov V. N., Baranov P. P. Timing models in the reengineering of metallurgical production systems // Steel in translation. – 2015. vol. 45, num. 5. pp. 338 – 346.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ НА МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРУЗОВЫЕ АВИАПЕРЕВОЗКИ

Купчик М.Б.

Представительство Международной компании «Деливери Ворлд Лимитед» (ОАЭ), г. Москва, Россия

Выстраивание различных схем логистики доставки грузов и оптимизация цепей поставок с точки зрения либо скорости осуществления перевозки, либо минимизации финансовых затрат для компаний, занимающихся внешнеэкономической деятельностью, в современном, высоко конкурентном мире приобретает все более важное значение. Особенно это становится актуальным в нынешней непростой геополитической ситуации, характеризующейся резкими колебаниями курса валют, неуклонным ростом энерготарифов, прессингом вводимых и расширяющихся санкций, острым дефицитом оборотных средств у коммерческих организаций.

Доставка грузов самолетами является самым дорогостоящим, но при этом и самым быстрым, и самым надежным способом. Применимо к ценным или имеющим высокую удельную стоимость, хрупким, скоропортящимся или срочным грузам другого альтернативного способа авиаперевозке просто не существует. По указанным причинам производственные компании, дистрибуторские и дилерские, торговые, фармацевтические и т.д. структуры, закупающие за рубежом необходимую для своих технологических циклов продукцию, оборудование, запасные части и т.п., вынуждены импортировать из за рубежа товары и доставлять их именно по воздуху. Поэтому оперативность формирования коммерческого предложения со стороны компании-перевозчика/экспедитора имеет первостепенное значение, ибо этого требует лимит времени на принятие решения. Реализация подобной задачи без использования эффективных автоматических или автоматизированных систем невозможна.

Большинство транспортных компаний для автоматизации процесса формирования ценового предложения предоставляет своим клиентам доступ к разработанным он-лайн калькуляторам в рамках ВЕБ-сайтов. Подобный калькулятор уже более 10 лет активно используется и нашей компанией (рисунок 1).

Главная » Калькулятор тарифов

КАЛЬКУЛЯТОР ТАРИФОВ

► Маршрут
JFK (Джон Ф. Кеннеди) – DME (Домодедово)

► Авиалинии
Общее количество опций: 14

▼ Информация о грузе

Общая	
Категория клиента	A
Вес брутто (кг) *	<input type="text"/>
Объем груза (куб м) *	<input type="text"/>
Необходима упаковка	<input type="checkbox"/>
Груз должен быть застрахован	<input type="checkbox"/>

Дополнительная информация	
Максимальные размеры одного места груза (см)	Длина <input type="text"/>
	Ширина <input type="text"/>
	Высота <input type="text"/>

Рисунок 1 – Быстрый калькулятор тарифов

Клиенту обычно предоставляется возможность выбора маршрута доставки (аэропорт отправления – аэропорт назначения), задания параметров груза (физический вес, объем, размеры Длина x Ширина x Высота), после чего программа выполняет оценочный расчет стоимости. Однако, получаемый при этом результат является весьма приблизительным, т.к. не учитывает множество важных критериев. Например, тип груза, условия перевозки в соответствии с требованиями ИНКОТЕРМС-2010, затраты на подбор груза у поставщика, возможные сроки хранения на складе временного хранения в аэропортах, многовариантность авиакомпаний и используемых при перелете маршрутов (прямые рейсы или же транзитные) и т.д.

На этапе маркетингового анализа получаемого через он-лайн калькулятор на сайте результата бывает достаточно, но в дальнейшем для профессионалов в сфере логистики требуется, безусловно, точный и детализированный расчет коммерческого предложения (КП), которое формируется силами либо менеджеров по продажам/обслуживанию Клиентов, либо менеджеров по операционной работе на стороне перевозчика/экспедитора. Для того, чтобы максимально ускорить процесс формирования КП, свести к минимуму человеческий фактор, а также облегчить труд менеджеров в компании была синтезирована автоматизированная система формирования КП, интегрированная с ERP-системой Tally Solutions и с почтовой программой MS Outlook. Последняя применяется для автоматической отправки подготовленного в нашей системе КП на адрес электронной почты Клиента со стандартным унифицированным сопроводительным письмом за подписью закрепленного за Клиентом персонального менеджера (с его электронного адреса). Отмечу, что письмо формируется и отправляется системой полностью автоматически.

Создать полностью автоматическую CRM-систему подготовки КП на международные грузовые авиаперевозки в реальном времени пока не представляется возможным, так как имеется ряд непреодолимых ограничений: ставки и сроки их валидности от авиакомпаний приходится заносить в базу данных системы вручную, поскольку авиакомпании в целях соблюдения, в первую очередь, информационной безопасности не готовы к требуемой он-лайн интеграции со сторонними пользователями, ввод данных о параметрах груза, желаемом маршруте перевозки, исходных величин для оформления страховки и т.п. вынуждены делать также в ручном режиме. Информация об авиакомпаниях и аэропортах (рисунок 2) и Клиентах (рисунок 3) также заносится в систему соответствующим менеджером вручную.

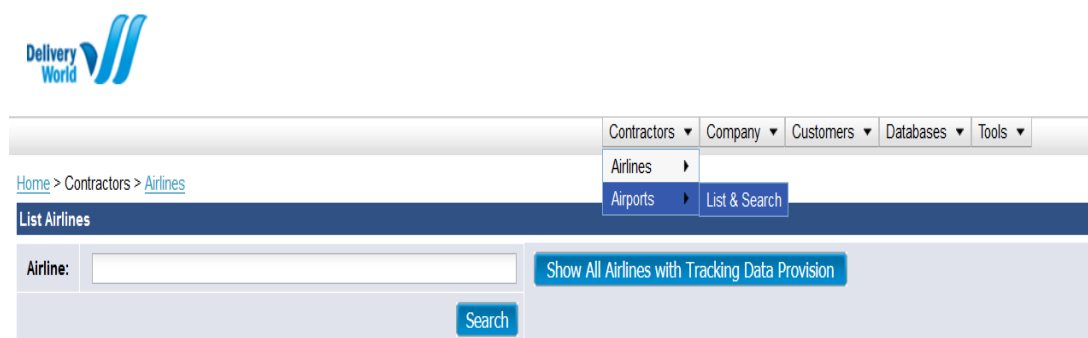


Рисунок 2 – База данных по аэропортам и авиакомпаниям

Поскольку ставки авиакомпаний по авиафрахту, сборам за топливо и безопасность изменяются достаточно часто, то для избегания ошибок/минимизации человеческого фактора компания назначила единственную точку входа в систему для внесения этой информации – специальному менеджеру с ролью Rates Controller. Все другие менеджеры компании, каждый для закрепленных за ним Клиентов, могут редактировать изменившиеся данные по их партнерам, например, номера телефонов, адреса электронных почт, имена менеджеров на стороне Клиента и т.д.

Расчет ставок КП производится на базе заданных параметров груза, маршруте отправки, условий согласно ИНКОТЕРМС-2010, желаемом наборе альтернативных авиалиний (минимум три), категории Клиента и груза, условий страховки и т.д. Отмечу, что система имеет многовариантность при выборе ставок от более, чем 45 авиакомпаний мира.

The screenshot shows the 'Add Lead' form in the Delivery World CRM system. The form is organized into several sections:

- General Information:** Includes fields for 'Private / Company' (radio buttons), 'Company Name', 'Communication Language', 'Category of Customer', 'Rating', 'Physical Address', and 'Mailing Address'.
- Contact Information:** Includes 'Office Telephones' and 'Web' fields with phone number and note inputs.
- Shipment Expected Frequency:** Includes radio button options: 'Frequent Weekly Shipments', 'Regular Monthly Shipments', 'Regular Quarterly Shipment', 'One Time Shipment', and 'Unknown'.
- Industry (Major Products Type) and Business Type:** Includes dropdown menus.
- Referred From:** Includes a dropdown menu.
- Currency for Commercial Offers (Default) and Invoice To:** Includes dropdown menus.
- Contact Persons:** A table with columns: First Name, Last Name, Position, Mobile Phone, Email, Skype, Main Contact Person.
- Escalation Processes:** Includes sub-sections for 'Operational Report', 'Tracking Report', and 'Financial Report'.
- Customer Management (Responsible Managers From Our Company):** Includes 'Customer Initial Ownership', 'Business Development Role' (with value 'Miron Kupchik (us11234)'), 'Market Research Role', and 'Sales Role'.
- Other Information:** A large text area for additional notes.

At the bottom of the form, there are buttons for 'Cancel', 'Apply', and 'Save', along with a 'Switch To Full Form' link.

Рисунок 3 – Блок формирования базы данных о Клиенте

Обязательным является сопоставление физического и объемного весов груза с определением платного веса, который далее и используется в расчете. Для вычисления объемного веса применяется стандартная формула пересчета $1 \text{ м}^3 = 167 \text{ кг}$.

Для формирования КП необходимо выполнить ряд последовательных шагов, определяемых алгоритмом работы системы и потребностями Клиента. Для начала задается желаемый маршрут движения груза (рисунок 4):

Add Commercial Offer

Origin Airport: *

Destination Airport: *

Customer/Lead: *

Рисунок 4 – Выбор аэропортов вылета и прилета груза

Далее производится (рисунок 5) последовательный выбор:

FC ID	Airline	Source	Transit Airports	Dest. Terminal	Transit Time (Days)	Aircraft Type	Rate Type	Values							Airline Fixed Charge	Max. LxWxH (cm)	Max. Weight / Pcs (kg)	FSC	SSC	Choose FC
								Min.	-45	+45	+100	+300	+500	+1000						
28938	SU (Aeroflot) Valid To: 30.09.2019	Angie Express Ltd. (Hong Kong Branch) (GSA, Onk Agent)		SVO1	1	PAX	General	180.00	8.15	4.90	3.65	3.00	3.25	3.20	-	-	-	0.21	0.16	Valid until 31.03.2019
31783	SU (Aeroflot) Valid To: 13.01.2019	Linkwork Logistics Limited (Hong Kong Branch) (Agent)		SVO1	1	Any	General	163.00	6.52	5.23	3.68	3.55	3.29	-	-	-	0.21	0.16	Valid until 31.03.2019	
24240	KE (Korean Air) Valid To: 13.01.2019	Linkwork Logistics Limited (Hong Kong Branch) (Agent)	ICN	SVO2	3	Any	General	9.03		3.80							0.21	0.26	Valid until 31.03.2019	
2440	RU (AirBridge Cargo) Valid To: 13.01.2019	Linkwork Logistics Limited (Hong Kong Branch) (Agent)		All	1	CAO	General (Cartons)	9.03		2.52							0.21	0.33	Valid until 31.03.2019	

Рисунок 5 – Алгоритм выбора авиакомпаний и типов самолетов

- Названия авиакомпании (код ИАТА). Внизу под полным названием авиакомпании указывается дата окончания действия тарифа (валидность ставки); если эта дата просрочена, то система автоматически выделяет ее красным цветом, и необходимо запросить у авиалинии новые данные (рисунок 6):

Freight Charges / FSC&SSC (USD)

Count of Rates: 31

Рисунок 6 – Запрос обновленных авиатарифов

- Транзитный аэропорт, через который, возможно, будет доставляться груз, если нет прямого рейса, или если так просит Клиент;
- Аэропорт прибытия груза;
- Тип самолета: грузовой или пассажирский;
- Тип ставки: General или Express (Priority Service), Dangerous Goods – опасные товары, Oversized and Heavyweight (Special) - негабаритные и тяжеловесные (специальные);
- Сама ставка авиафрахта за кг перевозимого груза;
- Airline Fixed Charges – фиксированные сборы авиакомпании;
- Max. LxWxH (cm) – допустимые максимальные длина, ширина и высота груза;
- Max. Weight / Pcs (kg) – максимальный допустимый вес за единицу товара, кг;
- FSC – топливный сбор;
- SSC – сбор за безопасность;
- Chose FC – выбор ставки авиафрахта (в разбивке по диапазону веса);
- Выбор тарифов по местным сборам в аэропорту вылета (рисунок 7) и страхованию;

Local Charges (USD)		
Values		
Airway Bill Fee	61.11 20.37	per Shipment / HAWB
Export Documentation	0.025 % 0.000	(min. 20.00) 18.00 from Invoices Value
Agent Handling Charges	0.15 0.15	(min. 45.00) 45.00 per KG (per MAWB)
Terminal Handling Charges	0.21 0.00	(min. 7.75) 0.00 per KG (per MAWB)
Screening Charge (X-Ray)	0.00	(min.) 0.00 per KG (per MAWB)
Transport (Airport Transfer)	0.10 0.01	(min. 27.11) 0.00 per KG (per MAWB)

Рисунок 7 – Выбор тарифов по местным сборам

Далее этого происходит автоматическое формирование файла с итоговым коммерческим предложением (рисунок 8):

Freight Charges / FSC&SSC															
Origin	Destination	Airline	Transit Airports	Transit Time (days)	Rate/ Aircraft Type	Min.	-45kg	+45kg	+100kg	+300kg	+500kg	+1000kg	Airline Fixed Charges	FSC	SSC
HKG Hong Kong	SVO Moscow (Terminal: SVO2)	KE (Korean Air)	ICN	3	General Any		10.03	9.83	4.20	4.10	4.05	4.00	-	0.21	0.26
HKG Hong Kong	SVO Moscow (Terminal: SVO1)	SU (Aeroflot)		1	General Any	326.00	7.52	6.03	4.08	3.85	3.54	3.49	-	0.21	0.16
HKG Hong Kong	SVO Moscow (Terminal: All)	RU (AirBridge Cargo)		1	General (Cartons) CAO		10.03	9.83	2.92	2.82	2.77	2.72	-	0.21	0.33

Рисунок 8 – Пример общего вида коммерческого предложения

После проверки подготовленного расчета менеджер нажимает кнопку Save, Approve&Send, и Клиенту, автоматически, на адрес его электронной почты, направляется стандартизированное письмо, к которому приложен файл с подготовленным КП. При наличии в системе валидных ставок вся процедура занимает 10-15 минут.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Коровин Д.Е., Ляховец М.В., Иванов Д.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

В настоящее время существует тенденции к укрупнению бизнеса – небольшие предприятия входят в состав более крупных «игроков». При этом на каждом предприятии использовались различные решения как в выборе промышленных технологий, так и в выборе программного обеспечения. Наглядным примером таких укрупнений является объединение множества шахт в единый холдинг. После присоединения новой шахты к холдингу возникает множество вопросов, требующих решения. Одним из основных вопросов является сбор оперативной информации. Оперативная информация позволяет производить диагностику неисправностей,

возникших при эксплуатации оборудования. Также она позволяет предотвращать повторное возникновение неисправностей воспользовавшись анализом собранных данных.

Однако доступ к оперативной информации не всегда возможен по нескольким причинам. С одной стороны, промышленные объекты могут быть территориально разобщены; с другой стороны – на различных производственных объектах могут быть установлены различные системы диспетчеризации.

Для решения проблемы сбора оперативной информации было решено создать систему сбора информации из разных источников в единую базу, для дальнейшего использования в центральной диспетчерской.

Основной целью диспетчерской является обеспечение сбора информации с территориально распределённых объектов, которые при этом базируются на различных системах диспетчеризации. Разработанная система предназначена для решения задачи сбора данных с множества удаленных орс-серверов.

Созданная система обеспечивает сбор, передачу и хранение данных о работе и причинах аварий конвейерного транспорта. Система представлена семью серверами. В таблице 1 представлено соответствие объекта и разработчика системы диспетчеризации.

Таблица 1 – Соответствие объекта и разработчика системы диспетчеризации

Сервера на шахтах	Участок КТ
Шахта 1	Becker/DEP
Шахта 2	Becker
Шахта 3	DEP
Шахта 4	DEP
Шахта 5	DEP
Шахта 6	Ингортех
Шахта 7	Ингортех

На рисунке 1 представлена схема, описывающая краткую характеристику объекта информатизации.

Функционально система представлена следующим образом:

1. Данные собираются посредством OPC (Open Platform Communications) DA (Data Access) с OPC-источника в OPC-сервер, установленный на шахте.

Использование технологии OPC обусловлено тем, что OPC — набор спецификаций стандартов. Каждый стандарт описывает набор функций определенного назначения. В настоящее время общепризнанным стандартом является только спецификации OPC DA и OPC UA.

Спецификация OPC DA – основной и наиболее востребованный стандарт. Данный стандарт описывает набор функций обмена данными в реальном времени. Для сервера – определяется понятие структурного элемента, которым является технологический параметр. Для клиента же спецификация определяет способы запроса у сервера группы технологических параметров и их значений.

При использовании OPC клиента имена тегов, доступные через OPC сервер, представляются в аналогичной форме в окне навигатора.

2. Данные, собранные в OPC-сервер шахты, передаются в промежуточный сервер, располагающийся в корпоративной сети. Для передачи данных только в одну сторону используется протокол OPC UA (Unified Architecture) [1].

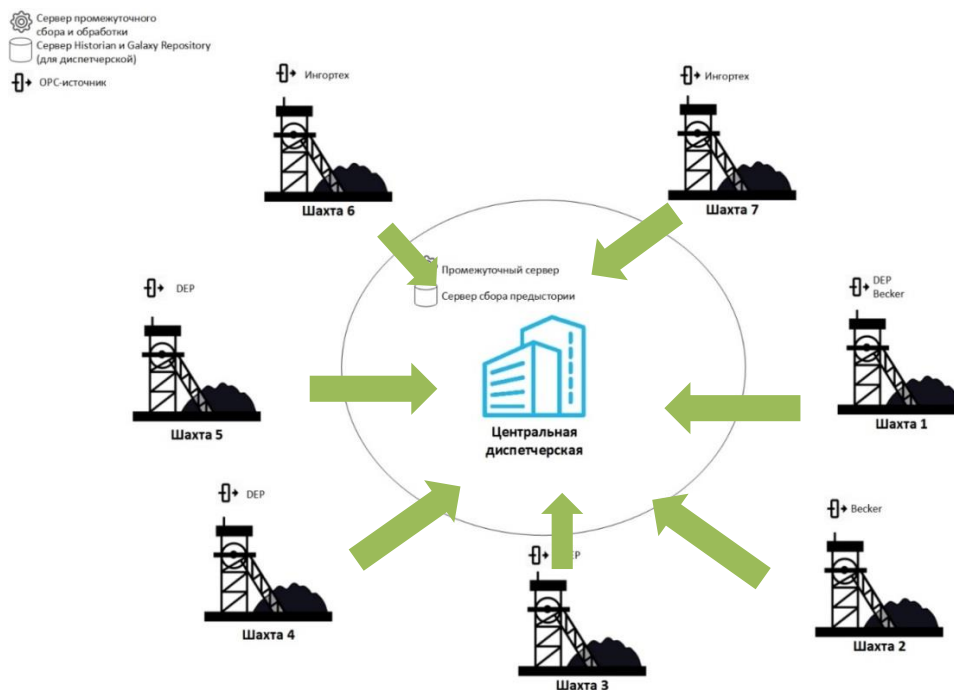


Рисунок 1 – Краткая характеристика объекта информатизации

Спецификация OPC UA – устанавливает методы обмена сообщениями между OPC сервером и клиентом, не зависящие от аппаратно-программной платформы, от типа взаимодействующих систем и сетей. OPC UA обеспечивает надежную и безопасную коммуникацию, противодействие вирусным атакам, гарантирует идентичность информации клиента и сервера.

Для передачи данных как посредством OPC UA, так и посредством OPC DA использовался OPC Kerware KerServerEX, который может выступать как клиентом, так и непосредственно сервером.[2]

На рисунке 2 представлена схема функциональной структуры.

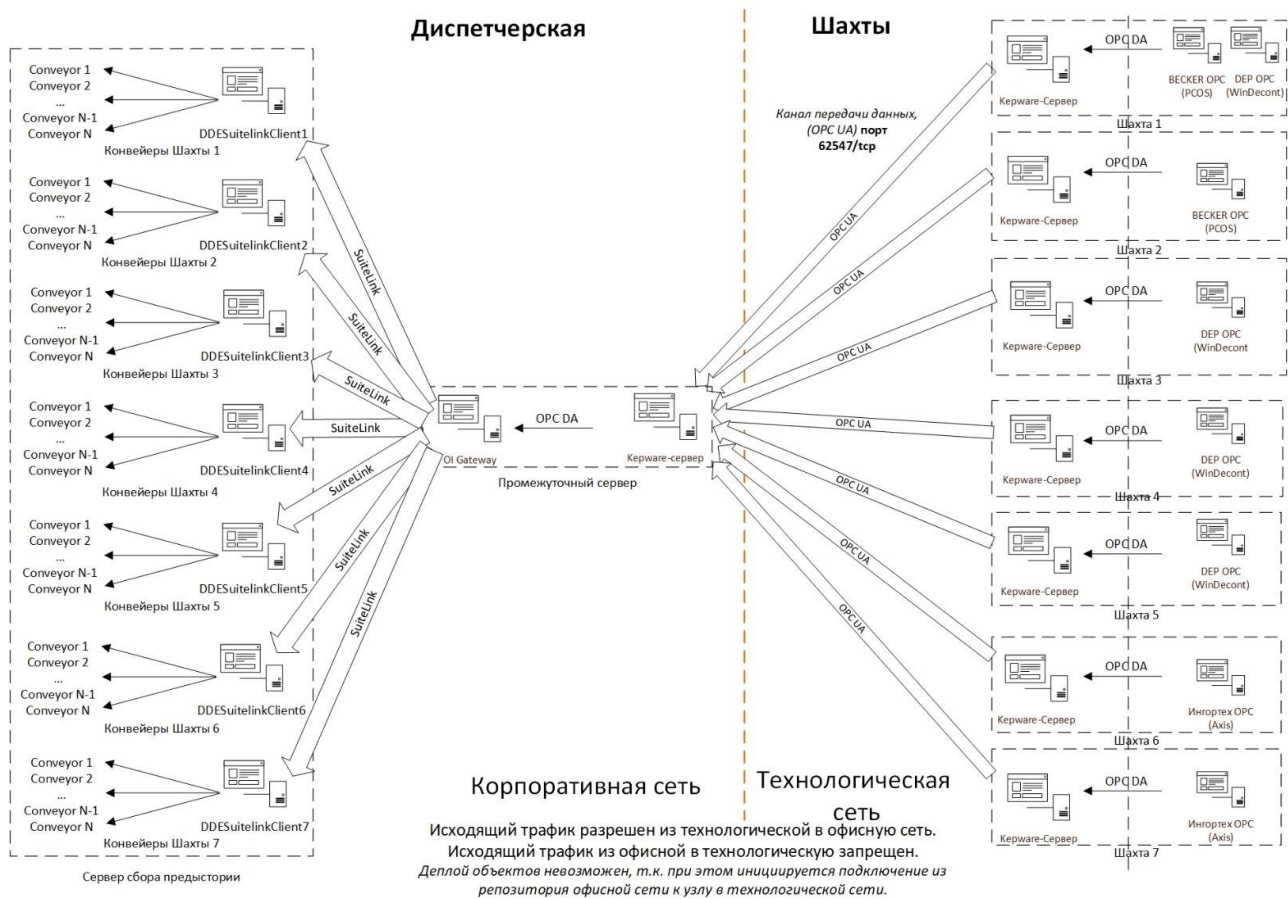


Рисунок 2 – Функциональная структура

Для управления конвейерным транспортом применяются локальные системы управления с отображением и управлением через SCADA системы, выведенные в диспетчерский пункт шахты.

В SCADA системах реализованы функции учета аварийных состояний конвейерного оборудования (датчиков), аварийных и рабочих состояний конвейера в целом.

Единого справочника аварийных и предупредительных сообщений для конвейерного транспорта шахт - нет, в каждой системе используются собственные формулировки.

В системе сбора оперативной информации о работе конвейерного транспорта, данные с шахт, поступающие автоматически, обрабатывает диспетчер и вводит причины простоя из общего справочника.

Для обеспечения повышенного уровня безопасности было принято решение использовать зашифрованный канал OPC UA. Данный стандарт обеспечивает безопасность благодаря обмену уникальными сертификатами между сервером и клиентом, что позволяет строго ограничить список приложений способных подключиться к OPC-серверу.

Список клиентов с доступом к OPC-серверам ограничен только теми клиентами, чьи сертификаты были переданы серверу. Процесс добавления сервера OPC UA в клиент представлен на рисунке 3.

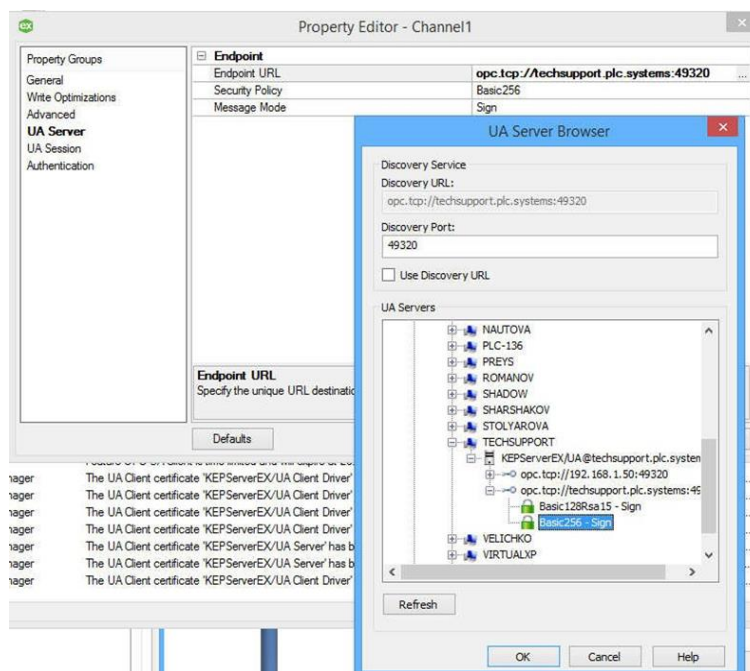


Рисунок 3 – Выбор OPC UA сервера

Данные решения по автоматизации сбора информации позволяют получать стабильный поток данных в распределенной доменной системе. При этом поток данных защищен и не позволяет производить изменение переменных (то есть работает в одну сторону от сервера к клиенту). Также важным преимуществом данной системы является её масштабируемость. Она обеспечивается тем, что используются стандартные промышленные протоколы, которые обеспечивают быструю и стабильную работу с другими протоколами. Данная особенность позволяет нам использовать существующие наработки для введения новых объектов в систему сбора оперативной информации в кратчайший срок.

Библиографический список

1. Официальный сайт Unified Architecture: – США – URL: <https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/> (дата обращения: 11.09.2019).
2. Официальный сайт Kepware: – США – URL: <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/> (дата обращения: 11.09.2019).

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Макаров Г.В.¹, Мышляев Л.П.¹, Файрушин Ш.А.², Венгер М.К.³

¹ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия

²ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово, Россия

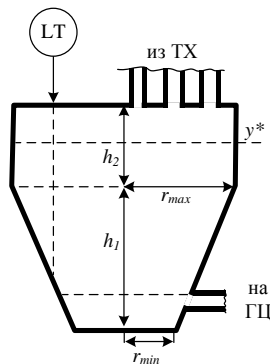
³Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова. Кемеровский институт (филиал), г. Кемерово, Россия

Замыкание объекта управления обратным связями (отрицательными, положительными) ведет к изменению закона преобразования внешних воздействий без какого-либо вмешательства в структуру и параметры самого объекта [1]. Операторная зависимость выходного воздействия объекта от управляющих и возмущающих воздействий в этом случае принимает вид

$$y(s) = \frac{\varphi_u(s)}{1 + \varphi_u(s) \cdot f(s)} \cdot u(s) + \frac{\varphi_w(s)}{1 + \varphi_w(s) \cdot f(s)} \cdot w(s), \quad (1)$$

где $\varphi_u(s)$, $\varphi_w(s)$ – операторы преобразования управляющих и возмущающих воздействий, $f(s)$ – оператор обратной связи (регулятора).

Использование этой зависимости для стабилизации объектов эффективно и дает большие возможности для объектов управления, в которых отсутствует связь между операторами $\varphi_u(s)$, $\varphi_w(s)$. Во многих технических и социально-экономических объектах параметры (коэффициенты), а порой и структура объекта управления зависит от *эффективности управляющих воздействий*. Простым и достаточно наглядным примером этому может служить система управления уровнем материала (рисунок 1) в емкостях (бункерах, зумпфах) со сложной геометрией.



ЛТ - измеритель уровня; ТХ - технологический процесс; ГЦ - тяжелосредный гидrocиклон; y^* - заданный уровень материала; h_1 , h_2 , r_{max} , r_{min} - геометрические размеры

Рисунок 1 – Конструкция ёмкости

При высоком качестве регулирования, то есть поддержании заданного уровня y в небольшой окрестности y^* коэффициент передачи k остается постоянным. При больших отклонениях y от y^* в сторону уменьшения уровня коэффициент передачи увеличивается (рисунок 2).

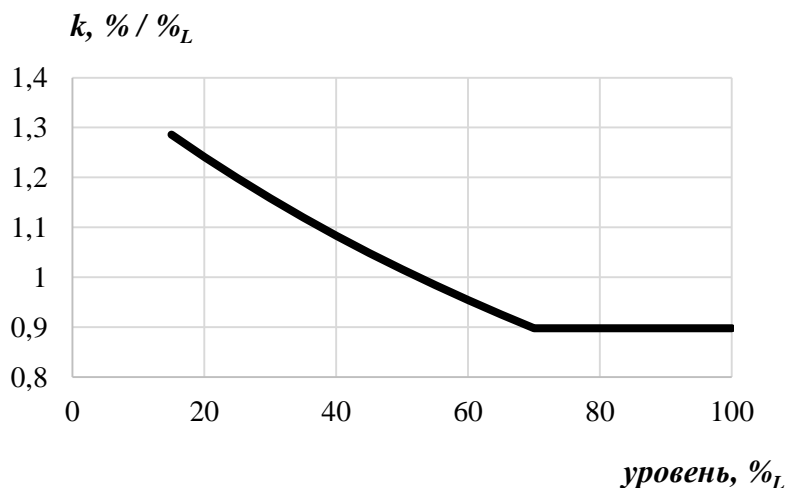


Рисунок 2 – Пример нелинейности коэффициента передачи k

Тогда операторы $\varphi_u(s)$, $\varphi_w(s)$ необходимо подстраивать в зависимости, например, от показателя

$$q(t) = \frac{1}{\Theta} \int_{t-\Theta}^t \varepsilon(t) \cdot dt, \quad (2)$$

$$\varepsilon(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } (y^* - y) \leq -\delta y; \\ (y^* - y) & \text{при } (y^* - y) > -\delta y. \end{cases}$$

где Θ – интервал усреднения ошибки регулирования,

δ – допустимое ограничение.

То есть необходимо в систему управления введение дополнительного параметрического контура регулирования в зависимости от эффективности управления – иначе нового типа обратной связи.

Аналогичная ситуация возникает и в объектах управления с рециклом (положительной обратной связью), когда величина рецикла влияет на параметры составных элементов в объекте [2] (рисунок 3).

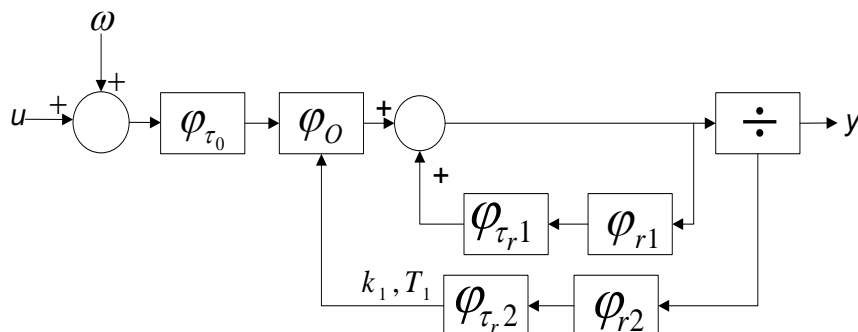


Рисунок 3 – Структура объекта с рециклом «по параметрам»

На рисунке 3 приняты следующие обозначения: w , y , u - возмущающее, выходное и входное воздействие; $\varphi_0, \varphi_\tau, \varphi_r$ - операторы объекта без учета запаздывания, запаздывания и цепей рецикла; " τ_0 ", " τ_r " - время запаздывания в прямой цепи объекта, в цепи рецикла.

С учетом этой особенности синтезируется и закон управления такого объекта [2]. Также отчетливо прослеживается связь свойств социально-экономических объектов с эффективностью управления. Например, поведение студентов на занятиях зависит от требований преподавателя и контроля исполнения этих требований; исполнительная дисциплина работников предприятия – от управленческих решений администрации. Такие свойства «активности» человека (коллектива людей) учитываются в методах теории активных систем [3].

Библиографический список

1. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. — М.: Наука. Физматлит, 1997. — 352 с.
2. Циряпкина А.В. Классификация объектов с рециклом и анализ влияния неопределенностей моделей на эффективность САУ этих объектов / Циряпкина А.В., Мышляев Л.П., Ивушкин К.А., Грачев В.В. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 12. С. 925-931.
3. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. — 255 с.

О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ Т-ПРОЦЕССАМИ

Медведев А.В., Ярешенко Д.И.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

В настоящем докладе рассматриваются задачи моделирования и управления многомерными объектами в условиях неполной информации. Характерной чертой таких процессов является наличие стохастической зависимости между входными и выходными переменными процесса. В этом случае для прогнозирования выходных переменных по известным входным, возникает необходимость использования поэтапного решения рассматриваемой задачи.

Управление таким объектом рассматривается в условиях непараметрической неопределенности, т.е. в условиях, когда модель процесса с точностью до вектора параметров неизвестна.

Введение

Идентификация многомерных безынерционных систем с запаздыванием является довольно актуальной проблемой для многих технологических производственных процессов дискретно-непрерывного характера. Под дискретно-непрерывным процессом понимается процесс, протекающий во времени непрерывно, но контроль его переменных осуществляется в дискретные моменты времени. Особенностью таких процессов является то, что выходные переменные процесса $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, стохастически зависимы неизвестным заранее образом. Это приводит к тому, что математическое описание объекта представляется в виде некоторого аналога системы неявных функций вида $F_j(u, x) = 0, j = \overline{1, n}$, где $\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ – входные переменные процесса. Основная особенность подобных объектов состоит в том, что класс зависимостей $F(\cdot)$ неизвестен с точностью до параметров. В этом случае классическая теория идентификации не применима [1]. Таким образом, задача идентификации сводится к задаче решения системы нелинейных уравнений $F_j(u, x) = 0, j = \overline{1, n}$ относительно компонент вектора $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, при известных значениях \bar{u} , \bar{x} и наличии обучающей выборки $(u_i, x_i, i = \overline{1, s})$.

Непараметрические T-модели

T-процессы – это процессы, у которых компоненты выходных переменных стохастически зависимы. Их модели называются соответственно T-моделями. Характерной особенностью такого процесса является то, что исследуемый процесс описывается системой неявных стохастических уравнений:

$$F_j(u(t - \tau), x(t), \xi(t)) = 0, j = \overline{1, n}, \tag{1}$$

где $F_j(\cdot)$ – не известны, τ – запаздывание по различным каналам многомерной системы, которые априори известны. В дальнейшем из-за соображений простоты, τ будет опущено.

Исследуемая многомерная система, реализующая T-процесс, может быть представлена на рисунке 1.

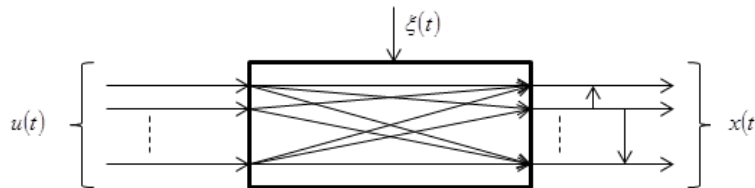


Рисунок 1 – T-процесс

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: $u(t) = (u_1(t), \dots, u_m(t))$ – m-мерный вектор входных переменных, $x(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t))$ – n-мерный вектор выходных переменных, $\xi(t)$ – случайные помехи, действующие на процесс. Различные каналы исследуемого процесса на практике могут быть представлены в виде системы:

$$F_j(u^{<j>}, x^{<j>}, \xi(t)) = 0, j = \overline{1, m}. \tag{2}$$

Необходимо обратить внимание на то, что векторы \bar{x} и \bar{u} используются в виде тех или иных составных векторов. Составной вектор означает вектор, составленный из некоторых компонент векторов \bar{u} и \bar{x} . В этом случае система уравнений примет вид $\hat{F}_j(u^{<j>}, x^{<j>}) = 0, j = \overline{1, m}$, где $u^{<j>}, x^{<j>}$ – составные векторы. При этом основной особенностью моделирования подобного процесса, в условиях непараметрической неопределенности, является то, что вид

функций (2) неизвестен. Естественно, что система моделей может быть представлена в следующем виде:

$$\hat{F}_j(u^{<j>}, x^{<j>}, \bar{x}_s, \bar{u}_s) = 0, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

где \bar{x}_s, \bar{u}_s – временные векторы (набор данных, поступивший к s-му моменту времени), в частности $\bar{x}_s = (x_1, \dots, x_s) = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1s}, \dots, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2s}, \dots, x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{ms})$, но и в этом случае $\hat{F}_j(\cdot)$, $j = \overline{1, m}$ неизвестны. Обычно идут по пути выбора параметрической структуры (3), но, к сожалению, преодоление этого этапа затруднено из-за недостатка априорной информации. И требуется длительное время для определения параметрической структуры, т.е. представления модели в виде:

$$F_j(u^{<j>}, x^{<j>}, \alpha) = 0, \quad j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где α – вектор параметров. Далее следует процедура оценки параметров по элементам обучающей выборки u_i, x_i , $i = \overline{1, s}$, и последующим решением системы нелинейных взаимосвязанных соотношений (4).

В дальнейшем мы рассмотрим задачу построения Т-моделей в условиях непараметрической неопределенности, т.е. в условиях, когда система (4) не известна с точностью до параметров.

Итак, пусть на вход объекта поступают входные переменные, значения которых измерены. Наличие обучающей выборки $(u_i, x_i, i = \overline{1, s})$ необходимо. В этом случае оценка компонент вектора выходных переменных \bar{x} при известных значениях \bar{u} , как уже было отмечено выше, приводит к необходимости решать систему уравнений (3). В случае если зависимость выходной компоненты от компонент вектора входных переменных не известна, то естественно воспользоваться методами непараметрического оценивания.

Задача сводится к тому, что при заданном значении вектора входных переменных $u = u'$, необходимо решить систему (3) относительно вектора выходных переменных x . Общая схема решения такой системы:

- сначала вычисляется невязка по формуле:

$$\varepsilon_{ij} = F_j(u^{<j>}, x^{<j>}(i), \bar{x}_s, \bar{u}_s), \quad j = \overline{1, m}, \quad (5)$$

где $F(u^{<j>}, x^{<j>}(i), \bar{x}_s, \bar{u}_s)$ примем в виде:

$$\varepsilon_j(i) = F_{ej}(u^{<j>}, x_j(i)) = x_j(i) - \frac{\sum_{i=1}^s x_j[i] \prod_{k=1}^{<n>} \Phi\left(\frac{u'_k - u_k[i]}{c_{su_k}}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{k=1}^{<n>} \Phi\left(\frac{u'_k - u_k[i]}{c_{su_k}}\right)}, \quad (6)$$

где $j = \overline{1, m}$, $<n>$ – размерность составного вектора \bar{u}_k , $<n> \leq n$. В дальнейшем это обозначение используется и для других переменных.

- следующий шаг состоит в оценивании условного математического ожидания:

$$x_j = M\{x | u^{<j>}, \varepsilon = 0\}, \quad j = \overline{1, m} \quad (7)$$

В качестве оценки (7) примем непараметрическую оценку функции регрессии Надарая-Ватсона:

$$\hat{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^s x_j[i] \cdot \prod_{k_1=1}^{\langle n \rangle} \Phi\left(\frac{u_{k_1} - u_{k_1}[i]}{c_{su}}\right) \prod_{k_2=1}^{\langle m \rangle} \Phi\left(\frac{\varepsilon_{k_2}[i]}{c_{s\varepsilon}}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{k_1=1}^{\langle n \rangle} \Phi\left(\frac{u_{k_1} - u_{k_1}[i]}{c_{su}}\right) \prod_{k_2=1}^{\langle m \rangle} \Phi\left(\frac{\varepsilon_{k_2}[i]}{c_{s\varepsilon}}\right)}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (8)$$

где колоколообразные функции $\Phi(\cdot)$ примем в виде треугольного ядра [2].

Управление

Управление Т-процессом рассматривается в условиях непараметрической неопределенности, т.е. в условиях, когда модель процесса с точностью до вектора параметров отсутствует полностью. В этом случае известные приемы не применимы и следует использовать другие подходы для решения задачи.

На рисунке 2 рассмотрим схему непараметрической системы управления объектом.

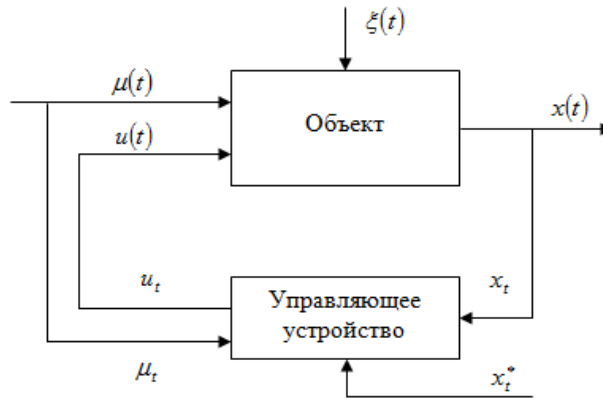


Рисунок 2 – Схема непараметрической системы управления

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: $x = (x_1, \dots, x_n) \in \Omega(x) \subset R^n$ – выходные переменные объекта, $u = (u_1, \dots, u_m) \in \Omega(u) \subset R^m$ – управляемые входные переменные, $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_p) \in \Omega(\mu) \subset R^p$ – неуправляемые, но контролируемые, входные переменные, $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*) \in R^n$ – задающее воздействие, $\xi(t)$ – случайная помеха, действующая на объект, $\Omega(x)$ – некоторые подобласти, определяемые технологическим регламентом.

В реальных задачах часто число компонент вектора \bar{u} меньше числа компонент вектора \bar{x} . Если же размерность вектора \bar{u} превышает размерность вектора \bar{x} , т.е. $m > n$, то обычно поступают следующим образом. В число компонент вектора \bar{u} могут быть введены некоторые компоненты вектора \bar{u} , с тем, чтобы размерность вектора \bar{u} и \bar{x} была одинаковой.

В этом случае оптимальным, для квадратичного критерия, будет управлением \tilde{u} :

$$\tilde{u} = M\{u \mid x^*, \mu\}. \quad (9)$$

Далее дана обучающая выборка $(u_t, x_t, \mu_t, t = \overline{1, s})$. Тогда оценка примет вид:

$$u_t = \frac{\sum_{i=1}^s u_t^i \prod_{v=1}^n \Phi\left(\frac{x_v^* - x_v^t}{c_x^t}\right) \prod_{v=1}^p \Phi\left(\frac{\mu_v^* - \mu_v^t}{c_\mu^t}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{v=1}^n \Phi\left(\frac{x_v^* - x_v^t}{c_x^t}\right) \prod_{v=1}^p \Phi\left(\frac{\mu_v^* - \mu_v^t}{c_\mu^t}\right)}, \quad j = \overline{1, k}. \quad (10)$$

Данная оценка представляет собой алгоритм управления комбинированной системой, описываемой уравнением:

$$x_t = f(u_t, \mu_t, \xi_t), \quad (11)$$

где вид функции $f(\cdot)$ неизвестен.

Настраиваемыми параметрами будут параметры размытости c'_x и c'_μ , для них будем использовать следующие формулы: $c'_\mu = \alpha|\mu_t - \mu_i|$ и $c'_x = \beta|x_t - x_j|$, где α и β некоторые параметры большие 1, $\alpha > 1$, $\beta > 1$. Следует заметить, что выбор c'_x и c'_μ должен осуществляться на каждом такте управления. При этом если сначала определен c'_x , то определение c'_μ осуществляется с учетом этого факта. Однако может быть и наоборот, сначала определяется c'_μ , а потом c'_x .

Вычислительный эксперимент по моделированию T-процессов

Для вычислительного эксперимента был взят объект, с пятью входными переменными $u(t) = (u_1(t), u_2(t), u_3(t), u_4(t), u_5(t))$, принимающими случайные значения в интервале $u(t) \in [0, 3]$, и тремя выходными переменными $x(t) = (x_1(t), x_2(t), x_3(t))$, принимающими значения в интервалах: $x_1(t) \in [-2; 15] \subset \Omega(x_1)$, $x_2(t) \in [1; 10] \subset \Omega(x_2)$, $x_3(t) \in [6; 23] \subset \Omega(x_3)$. Для данного объекта была сформирована выборка входных и выходных переменных и найдены прогнозные значения выходных переменных при известных входных. При моделировании объем обучающей выборки $s = 2000$, параметр размытости $c_s = 0,3$, помеха $\xi = 0,05$. Для удобства представления результатов на нижеследующих рисунках показаны только первые двадцать значений прогнозов вектора \bar{x} при заданных значениях соответствующих входных переменных.

Точность моделирования оценивалась по следующей формуле:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^s |x_i - x_s(u_i)|}{\sum_{i=1}^s |x_i - \hat{x}|}, \quad (12)$$

где x_i – наблюдения на объекте;

$x_s(u_i)$ – прогноз выхода объекта;

\hat{x} – среднее значение по каждой компоненте вектора \bar{x} .

На рисунках 3, 4 и 5 «точкой» обозначены значения выходных переменных процесса, а «крестиком» значения выхода модели. Как видно из рисунков прогноз значений выходных переменных объекта по известным входным вполне удовлетворительный [3].

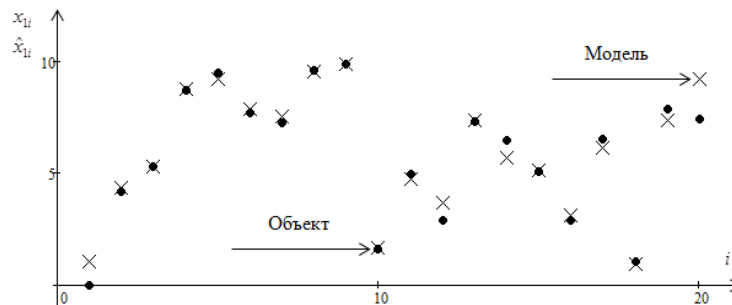


Рисунок 3 – Прогноз выходной переменной x_1 при помехе 5%, $\delta_{x_1} = 0,1$

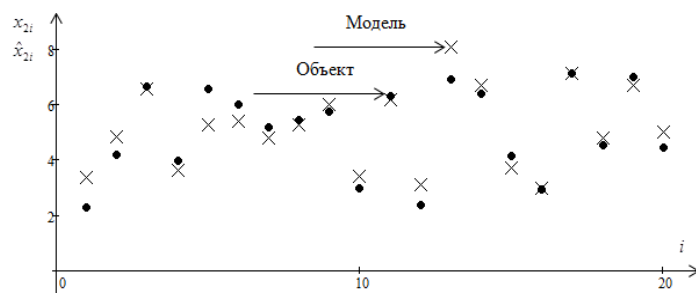


Рисунок 4 – Прогноз выходной переменной x_2 при помехе 5%, $\delta_{x_1} = 0,34$

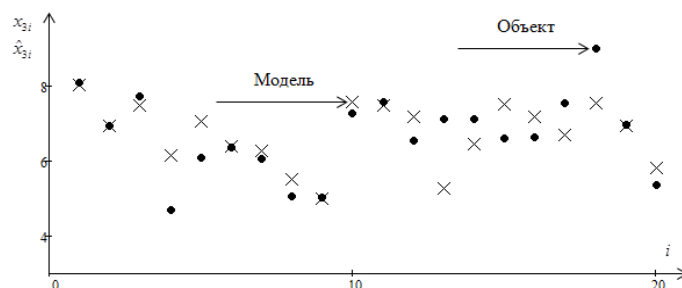


Рисунок 5 – Прогноз выходной переменной x_3 при помехе 5 %, $\delta_{x_1} = 0,4$

Заключение

Выше приведены непараметрические модели и алгоритмы управления для дискретно-непрерывных процессов, часто встречающиеся в металлургии, энергетике, нефтепереработки и других отраслях. Отличительная особенность этих моделей и алгоритмов от известных, состоит в том, что задачи ставятся в условиях непараметрической неопределенности, т.е. в условиях, когда многомерная система не описывается с точностью до вектора параметров из-за недостатка априорных данных. Проведенное численное исследование Т-моделей показало их достаточно высокую эффективность. Эти модели и алгоритмы управления могут быть широко использованы при разработке компьютерных систем моделирования, прогнозирования, диагностики, управления и принятия решений.

Библиографический список

1. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления // перевод с англ. В.А. Лотоцкого, А.С. Манделя. – М.: Изд-во «Мир», 1975. – 7 с.
2. Медведев А.В., Основы теории непараметрических систем: монография // А.В. Медведев; Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2018. – 727 с.
3. Терешина А.В., Ярещенко Д.И. О непараметрическом моделировании безынерционных систем с запаздыванием // Сибирский журнал науки и технологий. – Красноярск, 2018. – Т. 19, №3. – С. 452 – 461.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАГРАФАМИ

Блюмин С.Л., Жбанова Н.Ю., Мирошников А.И., Сысоев А.С.

Липецкий государственный технический университет, г. Липецк, Россия

Системы автоматизации производственного назначения включают организационные системы (ОС) [1]; их важным подклассом являются иерархические организационные системы, или организационные иерархии (ОИ), предназначенные для анализа и обработки данных [2]. Принято считать, что наиболее естественным средством моделирования ОИ являются ориентированные графы (ОГ) [3], точнее, ориентированные ациклические графы [2]. Далее общепринятая терминология теории графов используется в основном без пояснений и ссылок.

Цель данной работы – наметить общий подход графоструктурного моделирования ОС и ОИ с помощью гиперграфов (ГГ), в том числе ориентированных (ОГГ) [4-5], и метаграфов (МГ) [6-9] (в учебном пособии [9] ГГ и МГ посвящена первая глава «Графоструктурное моделирование»); показать, что в рамках графоструктурного моделирования естественным средством моделирования ОИ являются МГ. В качестве примеров приведены простейшая ОИ – веерная иерархия (ВИ) [1-2] – и некоторая ОС производственного назначения [10].

ОГ понимается как пара $OG = \langle V, A \rangle$, где V – множество вершин, A – множество дуг – упорядоченных пар вершин. В случае ОИ производственного назначения множество вершин понимается как множество сотрудников моделируемого производства [1-2]. Оно разделяется на непересекающиеся подмножества исполнителей (executors) E и менеджеров (managers) M , так что $V = E \cup M$. Дуги отражают отношение подчиненности между сотрудниками и могут идти как от исполнителей, так и от менеджеров, но только (если от менеджеров, то к другим) к менеджерам, так что $A \subseteq V \times M = (E \cup M) \times M$. У каждого менеджера есть непосредственные подчиненные, от которых к этому менеджеру идут дуги, и подчиненные, от которых к нему идут пути. У исполнителей нет подчиненных. У каждого менеджера есть по крайней мере один подчиненный. В ОИ есть по крайней мере один менеджер – топ-менеджер – подчиненными которого являются все остальные сотрудники, исполнители и менеджеры. Секцией менеджера в ОИ является подграф его графа, включающий этого менеджера, его непосредственных подчиненных и связи между ними; полная секция менеджера включает всех его непосредственных подчиненных и все связи между ними.

Рассматриваемые далее ВИ являются полными секциями единственных менеджеров; иначе говоря, ВИ – это ОИ с единственным менеджером и всеми его непосредственными подчиненными – исполнителями. В рамках теории графов ВИ соответствуют орзвезды – двудольные орграфы, одна из долей которых состоит из одной вершины. Именно на примере ВИ можно наиболее просто и наглядно показать моделирование ОИ при помощи МГ.

МГ можно рассматривать как следующий, после ГГ, шаг в развитии графов. В ГГ гиперребра, в отличие от ребер графов, являются не обязательно двухэлементными множествами вершин. Превращение ГГ в ОГГ, то есть ориентация его гиперребер, превращение их в гипердуги, может быть выполнено различными способами. Один из них, наиболее распространенный и наиболее близкий к ориентации дуг графа, состоит в разбиении гиперребра на две части, «начало» и «конец», которые сами являются гиперребрами [4-5]. Этот способ ориентации ГГ непосредственно ведет к понятию МГ. А именно, гиперребра ГГ трактуются как метавершины МГ, а упорядоченные пары метавершин – как метадуги [6-9]. С этой точки зрения ВИ может трактоваться как метадуга, «началом» которой является множество исполнителей, а «концом» – менеджер, которому эти исполнители непосредственно подчинены. Произвольная ОИ может трактоваться как совокупность тем или иным способом соединенных ВИ и моделироваться с помощью МГ.

В графоструктурном моделировании активно используются матричные представления графовых структур [4-10]. Основными являются матрицы инцидентности I , смежности A , валентности D и лапласианы L , связанные соотношениями:

- в случае неориентированных графов

$$I \cdot I^T = L = D + A,$$

- в случае ОГ

$$I \cdot I^T = L = D - A,$$

где в обоих случаях D и A – матрицы неориентированных графов (во втором случае – неориентированного графа, полученного «снятием ориентации» в ориентированном).

В случае ОГ матрица инцидентности характеризуется тем, что сумма элементов любого ее столбца равна нулю.

Матрица инцидентности МГ, $I(MG)$, формируется аналогично матрице инцидентности ОГ, а именно: ее строки помечаются вершинами, столбцы – метадугами, и в каждом столбце вершинам, отвечающим «началу», соответствует -1 , а вершинам, отвечающим «кон-

цу» соответствует +1. Теперь сумма элементов столбцов, вообще говоря, отлична от нуля. Метавершины метадуг в этой матрице непосредственно не представлены, они представлены опосредованно, а именно – знаками –1 и +1.

Рассмотрим в качестве примера ВИ.

Сначала представим ВИ матрицами орзвезды; для удобства матрицы представлены таблицами. Пусть в ВИ n исполнителей, так что в орзвезде $n+1$ вершин.

Матрица инцидентности может быть представлена в виде ($n+1$ строка сначала помечается n исполнителями, а затем менеджером)

$$I = \begin{array}{|c|c|} \hline -E & \\ \hline \mathbf{1}^T & \\ \hline \end{array}$$

Здесь E – единичная матрица порядка n , $\mathbf{1}$ – столбец из n единиц. Дуги в ВИ, как и в любой ОИ, идут от непосредственных подчиненных к менеджеру.

Транспонированная матрица инцидентности

$$I^T = \begin{array}{|c|c|} \hline -E & \mathbf{1} \\ \hline \end{array}$$

Лапласиан

$$L = I \cdot I^T = \begin{array}{|c|c|} \hline E & -\mathbf{1} \\ \hline -\mathbf{1}^T & n \\ \hline \end{array}$$

Разложение лапласиана

$$L = D - A, D = \text{diag}\{1, \dots, 1, n\}, A = \hat{A} + \hat{A}^T.$$

Здесь

$$\hat{A} = \begin{array}{|c|c|} \hline 0 & -\mathbf{1} \\ \hline 0 & 0 \\ \hline \end{array}$$

– несимметричная матрица смежности собственно орзвезды, которая в сумме со своей транспонированной дает симметричную матрицу A смежности соответствующей неориентированной звезды.

В рамках более широкого, чем теория графов, графоструктурного моделирования ВИ соответствуют простейшие метаграфы, состоящие из одной метадуги, «началом» которой служит множество исполнителей, непосредственно подчиненных единственному менеджеру, который и служит «концом» этой метадуги. Столбец инцидентности этой метадуги может быть представлен в виде (если пометить его элементы так же, как выше – строки матрицы I)

$$\tilde{I} = \begin{array}{|c|} \hline -\mathbf{1} \\ \hline \mathbf{1} \\ \hline \end{array}$$

Транспонированный столбец инцидентности этой метадуги

$$\tilde{I}^T = \begin{array}{|c|c|} \hline -\mathbf{1}^T & \mathbf{1} \\ \hline \end{array}$$

Лапласиан этой метадуги

$$\tilde{L} = \tilde{I} \cdot \tilde{I}^T = \begin{array}{|c|c|} \hline J & -\mathbf{1} \\ \hline -\mathbf{1}^T & 1 \\ \hline \end{array}$$

Здесь J – матрица из единиц.

Разложение этого лапласиана

$$\tilde{L} = \tilde{D} + A(+)-A, \tilde{D} = \text{diag}\{1, \dots, 1, 1\}, A(+)=J-E.$$

Таким образом, в разложениях обоих лапласианов матрицы A совпадают. Эти матрицы смежности отражают структуру ориентации ВИ, отражающую, в свою очередь, отноше-

ние подчиненности исполнителей менеджеру. Матрица $A(+)=J-E$ является матрицей смежности исполнителей между собой, где отсутствует подчиненность, все исполнители находятся в одной, а не в разных метавершинах. Обращает на себя внимание отличие элемента в нижнем правом углу матриц L и \tilde{L} – последнего элемента матриц D и \tilde{D} – то есть чисел n и 1 – они корректно интерпретируются как валентности менеджера, инцидентного с n дугами графа (орзвезды) и одной метадугой метаграфа.

В качестве другого примера рассмотрим ОС, представленную в [10] с помощью МГ в качестве модели реальной системы автоматизации производственного назначения. Моделирование этой ОС с помощью МГ мотивируется в [10] тем, что моделирование с помощью обычного ОГ привело бы к слишком громоздким матричным представлениям; использование же МГ позволяет производить агрегирование и рассматривать модель производства с тем уровнем детализации, который необходим для решения той или иной конкретной задачи, что и выполнено в [10].

МГ, моделирующий данную ОС, представлен в [10] как графически, так и с помощью матрицы инцидентности (числа $1, \dots, 13$ означают вершины, $Ma1, \dots, Ma8$ – метадуги):

$$I(MG)=$$

	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	Ma5	Ma6	Ma7	Ma8
1	-1	-1						
2	1		-1	-1	-1	-1		
3		1	1					
4		1		1				
5		1			1			
6		1				1		
7			1				-1	
8			1				-1	
9				1			1	
10				1				
11					1			-1
12						1		1
13						1		1

В [10] эта матрица построена непосредственно, так же, как и матрица смежности, построенная по своеобразной методике [6]; ввиду ее громоздкости приводить ее здесь не будем, но ниже будет отмечена связь с ней полученного здесь результата.

В [8] предложено строить такие матрицы не непосредственно, а представляя МГ в виде некоторой композиции ГГ и ОГ. В данном случае ГГ определяется матрицей инцидентности ($He1, \dots, He11$ – гиперребра):

$$I(HG)=$$

	He1	He2	He3	He4	He5	He6	He7	He8	He9	He10	He11
1	1										
2		1									
3								1			1
4									1		1
5						1					1
6										1	1
7					1			1			
8					1			1			
9			1						1		
10									1		
11				1							
12							1			1	
13							1			1	

Гиперребра этого ГГ служат метавершинами МГ:

$$Mv=He.$$

Метадугами же МГ служат дуги ОГ, вершинами которого являются метавершины МГ.

В данном случае этот ОГ определяется матрицей инцидентности:

$$I(OG)=$$

	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	Ma5	Ma6	Ma7	Ma8
Mv1	-1	-1						
Mv2	1		-1	-1	-1	-1		
Mv3							1	
Mv4								-1
Mv5							-1	
Mv6								
Mv7					1			1
Mv8			1					
Mv9				1				
Mv10						1		
Mv11		1						

Непосредственно проверяется, что для непосредственно построенной выше матрицы инцидентности МГ выполняется соотношение

$$I(MG)=I(HG) \cdot I(OG).$$

Лапласиан этого МГ представлен ниже; он вычисляется по следующей формуле и допускает разложение:

$$L(MG)=I(MG) \cdot I(MG)^T = D(MG) + A(+) - A(-).$$

Здесь $D(MG)$ – матрица степеней вершин в МГ, то есть количеств метадуг, инцидентных вершине; $A(+)$ – блочно-диагональная матрица с исключенными диагональными элементами, каждый блок которой показывает смежность вершин, лежащих в соответствующей метавершине; верхняя треугольная часть матрицы $A(-)$, показанная прямым полужирным шрифтом, соответствует матрице смежности, построенной в [10] по своеобразной методике [6]; следует отметить, что в [10] отсутствуют элементы, показанные здесь полужирным курсивом, то есть элементы второй строки с 7-го по 13-й.

Лапласиан:

$$L(MG)=$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	2	-1	-1	-1	-1	-1							
2	-1	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3	-1	-1	2	1	1	1	1	1					
4	-1	-1	1	2	1	1			1	1			
5	-1	-1	1	1	2	1					1		
6	-1	-1	1	1	1	2						1	1
7		-1	1				2	2	-1				
8		-1	1				2	2	-1				
9		-1		1			-1	-1	2	1			
10		-1		1					1	1			
11		-1			1						2	-1	-1
12		-1				1					-1	2	1
13		-1				1					-1	1	2

В заключение следует отметить, что моделирование с помощью МГ целесообразно не только для ОС, но и для других актуальных в настоящее время структур, например, блокчей-

нов [11].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Липецкой области в рамках научного проекта 19-47-480003-р_а.

Библиографический список

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
2. Губко М.В. Модели и методы оптимизации структуры иерархических систем обработки информации: диссертация ... доктора физико-математических наук: 05.13.01. – М.: ИПУ РАН, 2014. – 372 с.
3. Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. – М.: Синтег, 2001. – 124 с.
4. Зыков А.А. Гиперграфы // Успехи математических наук.– 1974. – Т. 29, № 6. – С. 89–154.
5. Bretto A. Hypergraph Theory. An Introduction. – NY: Springer, 2013. – 134 p.
6. Basu A., Blanning R. Metagraphs and Their Applications. – NY: Springer, 2007. – 172 p.
7. Блюмин С.Л. Графоструктурное моделирование: метаграфы и их матрицы // Вестник Липецкого государственного технического университета. – 2015. – № 1. – С. 7-13.
8. Блюмин С.Л. Связь матриц достижимости оргграфов с матрицами инцидентности и лапласианами оргграфов, гиперграфов и метаграфов // Научный вестник. – 2017. - № 1. – С. 186-193.
9. Блюмин С.Л., Жбанова Н.Ю., Приньков А.С. Математическое моделирование. Некоторые современные подходы: Учебное пособие. – Липецк: ЛГТУ, 2018. – 83 с.
10. Мирошников А.И. Управление структурой организационных систем с использованием метаграфов // Управление большими системами: Материалы X Всеросс. школы-конф. молодых ученых. Т. 2. – Уфа: УГАТУ, 2013. – С. 166-170.
11. Блюмин С.Л., Приньков А.С. Блокчейны: моделирование метаграфами // Современные сложные системы управления: Сб. тр. XIII Междунар. науч.-прак. конф. – М. : ИПУ РАН; Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС»; Старый Оскол: ТНТ, 1918. – С. 156-159.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Михайлов В.Г.¹, Киселева Т.В.², Михайлов Г.С.¹

¹*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово, Россия*

²*Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия*

Введение

Эффективная работа предприятия зависит от множества факторов, одним из которых является адекватное формирование производственной программы в условиях нестабильной внешней среды. В работе [1] производственная программа определяется как эффективный план производства различных видов продукции в натуральном и стоимостном выражении в установленные сроки, учитывающий требования к её качеству, номенклатуре и ассортименту и разработанный на основе анализа рыночной конъюнктуры и внутренних производственных возможностей предприятия с применением методов научного управления.

Исследование [2] посвящено разработке механизма формирования производственной программы промышленного предприятия в условиях нестабильного спроса на продукцию с использованием математических моделей. Такой подход к управлению производственной программой позволяет обеспечить максимальную эффективность использования производственных мощностей в условиях нестабильности рынка.

Ужесточение экологических требований [3] определяет необходимость формирования производственной программы предприятия с учетом эколого-экономических ограничений.

Идея предложенного подхода заключается в том, что для предприятий с диверсифицированной производственной программой важным представляется планирование выпуска таких видов продукции по номенклатурным и ассортиментным позициям, которые в меньшей степени оказывают негативное воздействие на окружающую среду и эколого-экономический результат деятельности предприятия [4]. Основные ограничения при использовании данного механизма связаны со спецификой производственной программы, которая должна иметь определенную «степень свободы» при выборе экологически целесообразных видов продукции. Другими возможными ограничениями могут быть производства стратегического назначения, а также уникальность технологического оборудования, которое нельзя или невыгодно переориентировать на выпуск других видов продукции.

Постановка задачи.

Дано:

1. Существующая производственная программа предприятия.
2. Номенклатурные и ассортиментные позиции продукции предприятия.
3. Прибыль от реализации продукции конкретной номенклатурной или ассортиментной позиции.
4. Эколого-экономические показатели производства продукции конкретной номенклатурной или ассортиментной позиции $P_{S,T}$.
5. Ограничение: $Pr_{S,T} > Z_{S,T}^*$,

где $Pr_{S,T}$ – прибыль от реализации продукции конкретной номенклатурной или ассортиментной позиции;

$Z_{S,T}^*$ – предельная величина прямых, косвенных затрат и рисков, связанных с ликвидацией номенклатурной или ассортиментной позиции продукции предприятия.

6. Перечень номенклатурных или ассортиментных позиций продукции предприятия, которыми можно заменить малоэффективные.

7. Критерий: годовой экономический эффект предприятия ($\mathcal{E}_{ФПП}^{S,T}$), млн. руб.

$$\mathcal{E}_{ФПП}^{S,T} = \begin{cases} Pr_{S,T} - Z_{S,T}^W, \\ Pr_{S,T}^* - Z_{S,T}^{**}, \end{cases} \quad (1)$$

где $Z_{S,T}^W$ – все виды затрат, связанных с выпуском продукции данной номенклатурной или ассортиментной позиции (ПЛ_{S,T}, ЭУ_{S,T}, Ш_{S,T} или $Z_{S,T}^*$);

$Pr_{S,T}^*$ – прибыль от реализации продукции, замещенной номенклатурной или ассортиментной позиции; $Z_{S,T}^{**}$ – затраты, связанные с замещением номенклатурной или ассортиментной позиции продукции.

Требуется: сформировать производственную программу предприятия при соблюдении ограничения, максимизирующую критерий.

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма формирования производственной программы предприятия с учетом эколого-экономических ограничений [5].

Из рисунка 1 видно, что в блоке 1 производится анализ существующей производственной программы. Блок 2 показывает последовательное рассмотрение каждой номенклатурной или ассортиментной позиции продукции предприятия ($P_{S,T}$), по которой проводится эколого-экономическое оценивание. Как было отмечено выше, это актуально для предприятий, выпускающих большое количество видов продукции, различающихся, кроме того, по сортам, классам, концентрации содержания основного или полезного вещества и т.д.

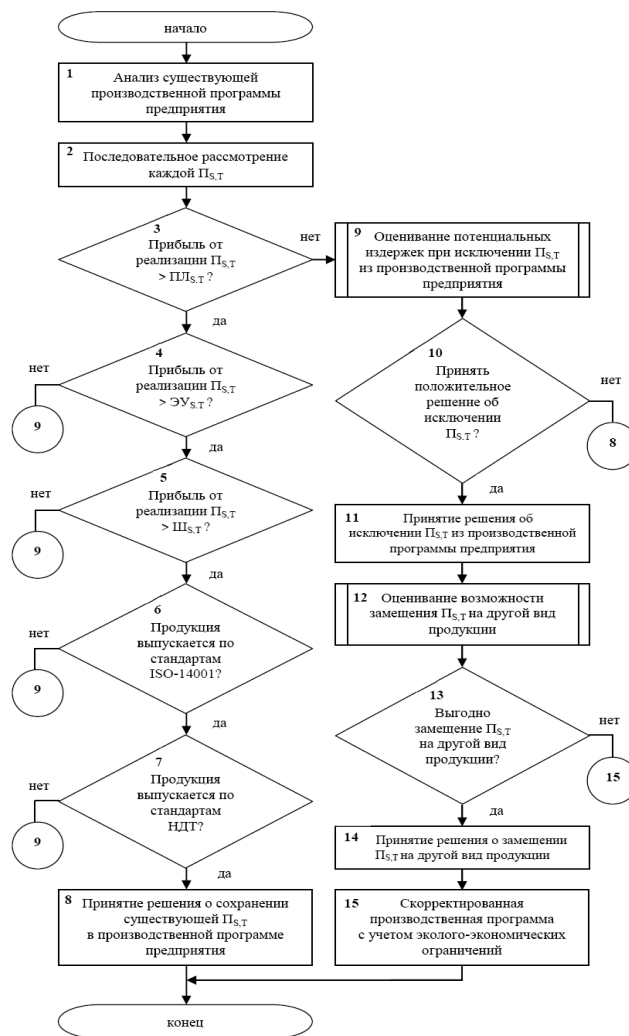


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма формирования производственной программы предприятия с учетом эколого-экономических ограничений

Блок 3 необходим для сравнения $Pr_{s,t}$ и платы за негативное воздействие на окружающую среду данной $P_{s,t}$ ($PL_{s,t}$), что очень важно в связи с перспективным повышением данного платежа. Аналогичным образом производится сравнение $Pr_{s,t}$ с экономическим ущербом от загрязнения окружающей среды ($ЭУ_{s,t}$) и экологическими штрафами ($Ш_{s,t}$), связанными с негативным экологическим воздействием конкретной $P_{s,t}$ – блоки 4, 5.

Расчет $ЭУ_{s,t}$ реализуется на основе известных методик, в том числе, с использованием принципов ОВОС (оценки воздействия на окружающую среду). $Ш_{s,t}$ могут быть вызваны нарушением экологического законодательства, предоставлением недостоверной информации о негативном воздействии на окружающую среду и другими факторами.

Современные требования для предприятий, активно функционирующих на внешнем рынке, связаны с необходимостью использования системы экологического менеджмента, в том числе сертифицированием продукции и технологических процессов по стандартам серии ISO-14001. В блоке 6 осуществляется проверка соответствия данной $P_{s,t}$ требованиям такого стандарта. В логическом блоке 7 определяется соответствие выпуска продукции критериям использования предприятием наилучших доступных технологий (НДТ) для снижения экологической нагрузки на окружающую среду, что вызвано современными экологическими требованиями, в том числе, перспективой увеличения экологических платежей.

В случае положительной проверки $P_{s,t}$ на основании блоков 3-7 принимается решение о ее сохранении в производственной программе предприятия (блок 8). Если по результатам проверки в блоках 3-7 имеет место отрицательный результат, то в блоке 9 проводится оценивание прямых, косвенных затрат и рисков ($З_{s,t}$), связанных с ликвидацией данной $P_{s,t}$. При-

веденное ограничение $PP_{S,T} \geq Z_{S,T}^*$ является определяющим в постановке задачи построения алгоритма формирования производственной программы предприятия. Рассмотренные издержки могут быть вызваны, например, потерей рыночной ниши или необходимостью решения социально-экономических проблем по причине закрытия отдельных производств и высвобождения работников. На основании проведенного оценивания принимается окончательное решение (блок 10) о сохранении существующей $P_{S,T}$ в производственной программе предприятия (блок 8) или ее исключении (блок 11). После этого в блоке 12 оценивается возможность замещения исключенной $P_{S,T}$ на другой вид продукции. Логический блок 13 определяет «выгодность» замещения $P_{S,T}$. В случае положительного результата в блоке 14 принимается решение о замещении исключенной $P_{S,T}$ на другой вид продукции с последующим формированием окончательной производственной программы предприятия с учетом эколого-экономических ограничений (блок 15). Если замещение $P_{S,T}$ невыгодно, то производственная программа предприятия формируется в «усеченном» виде.

Результат решения. Представленная блок-схема алгоритма управления производственной программой с учетом эколого-экономических ограничений может быть реализована на предприятиях с диверсифицированной производственной программой, когда при производстве отдельных видов продукции или ее разновидностей применяются экологически опасные компоненты, в результате чего существенно увеличивается экономический ущерб и плата за негативное воздействие на окружающую среду и, как следствие, повышается вероятность возникновения эколого-экономических рисков. Данный алгоритм изначально разрабатывался для такого крупного химического предприятия, как Кемеровский КАО «Азот», выпускающего более 40 видов продукции, но может быть использован и в других отраслях экономики с учетом рассмотренных особенностей производственной программы.

В таблице 1 в качестве примера представлено несколько видов продукции предприятия КАО «Азот» (капролактамы, масло ПОД, кислый сток производства капролактама, аммиачная селитра марки «А», неконцентрированная азотная кислота 2-го сорта), по которым имеется возможность принятия решения по сохранению, исключению или замене конкретной номенклатурной или ассортиментной позиции. Обозначения «+» или «-» показывают, что номенклатурная или ассортиментная позиция продукции соответствует (не соответствует) установленным требованиям. Прибыль от реализации всех рассмотренных видов продукции превышает значения платы ($PL_{S,T}$), экономического ущерба ($ЭУ_{S,T}$) и штрафов ($Ш_{S,T}$) за негативное воздействие на окружающую среду, а также соответствует стандартам экологического менеджмента качества ISO-14001.

В связи с тем, что данные виды продукции выпускаются без использования стандартов НДТ, для снижения или ликвидации негативного воздействия на окружающую среду требуется принятие окончательного решения по каждой из рассмотренных номенклатурных или ассортиментных позиций.

Таблица 1 – Пример реализации алгоритма формирования производственной программы предприятия с учетом эколого-экономических ограничений

Наименование номенклатурной или ассортиментной позиции продукции предприятия	Прибыль от реализации $P_{S,T}$ > $PL_{S,T}$?	Прибыль от реализации $P_{S,T}$ > $ЭУ_{S,T}$?	Прибыль от реализации $P_{S,T}$ > $Ш_{S,T}$?	Продукция выпускается по стандартам ISO-14001?	Продукция выпускается по стандартам НДТ?	Принятие окончательного решения по номенклатурной или ассортиментной позиции продукции предприятия (оставление, исключение, замена)
Капролактамы	+	+	+	+	-	оставление
Масло ПОД	+	+	+	+	-	исключение
КСПК	+	+	+	+	-	исключение
Селитра аммиачная марки А	+	+	+	+	-	частичная замена на известково-аммиачную селитру
Кислота азотная неконцентрированная 2-го сорта	+	+	+	+	-	частичная замена на кислоту азотную неконцентрированную высшего сорта

Из таблицы 1 видно, что по капролактаму целесообразно принятие решения о сохранении в производственной программе, масло ПОД и кислый сток производства капролактама необходимо исключить, аммиачную селитру марки «А» предлагается заменить на новый вид продукции (известково-аммиачная селитра) [6], а неконцентрированную азотную кислоту 2-го сорта частично заменить другой ассортиментной позицией (азотная неконцентрированная кислота высшего сорта).

Реализация разработанного алгоритма имеет практическое значение для предприятий, выпускающих широкий спектр видов продукции, что актуально в условиях ужесточения экологических требований.

Библиографический список

1. Кушнер А.А. Производственная программа и ее роль в системе внутрифирменного планирования промышленного предприятия / А.А. Кушнер // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2010. – № 2. – С. 89-94.
2. Иванов Д.Ю. Механизм формирования производственной программы промышленного предприятия / Д.Ю. Иванов, В.Г. Засканов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2017. – Т. 19. – № 1. – С. 76-81.
3. Михайлов В.Г. Некоторые аспекты переработки отходов в Кузбассе / В.Г. Михайлов, Т.В. Киселева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12. – № 4-3. – С. 576-579.
4. Бурков, В.Н. Механизмы управления эколого-экономическими системами / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, А.В. Щепкин. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. – 244 с.
5. Киселева, Т.В. Моделирование диверсифицированной производственной программы промышленного предприятия с учетом эколого-экономических ограничений / Т.В. Киселева, В.Г. Михайлов // Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах: труды IV Всеросс. науч.-практ. конф. – Часть 2. – Новокузнецк, 2016. – С. 27-31.
6. Известково-аммиачная селитра и её применение в сельскохозяйственном производстве / Universum: Технические науки: электронный научный журнал // Набиев А.А. [и др.]. – 2017. – № 6 (39). – URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4903> (дата обращения: 14.10.2019 г.).

МЕТОД И ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рыбенко И.А., Цымбал В.П.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Металлургия является одной из самых ресурсоемких отраслей промышленности. Необходимость снижения энергоемкости и материалоемкости металлургической продукции требует как совершенствования традиционных металлургических схем, так и создания принципиально новых процессов и агрегатов. Решение этих задач связано с исследованиями высокотемпературных процессов в сложных термодинамических системах с физико-химическими превращениями. Поскольку экспериментальные исследования, как правило, являются достаточно дорогими, а зачастую и неосуществимыми, то в этих условиях большое значение приобретает вычислительный эксперимент, который позволяет анализировать состояния и процессы и делать выводы о поведении исследуемых объектов на основании модельных представлений.

В связи с этим актуальным является создание метода и инструментальной системы

моделирования, позволяющих осуществлять многовариантные расчеты, проводить исследования и решать оптимизационные задачи, что откроет новые возможности для разработки и проектирования прогрессивных металлургических технологий [1–3].

Метод включает следующие этапы: формулировку цели и постановку задачи, выделение объекта исследования, определение оптимальных параметров металлургических систем, определение оптимальных режимов металлургических процессов и реализацию промышленных экспериментов.

В результате постановки задачи формируются целевые условия, включающие выбор типа металлургического процесса, вида задачи и задание системы критериев оптимизации.

На этапе выделения объекта осуществляется задание параметров входных-выходных потоков, параметров процесса и выделение стадий и подпроцессов. Результатом реализации этапа является набор шихтовых материалов, их расходы, химический состав и температура, диапазоны изменения выхода, химического состава фаз и температур продуктов процесса – металла, шлака, газа, параметры процесса, стадий, подпроцессов и совокупность химических реакций, формирующих металлургическую систему.

На третьем этапе определяются оптимальные параметры металлургической системы – осуществляется выделение областей протекания окислительно-восстановительных процессов, производится оценка конечного равновесного и неравновесного состояния и решается задача оптимизации по определению наилучших условий ее функционирования. Результатом реализации этапа являются границы областей протекания окислительно-восстановительных процессов и оптимальные параметры системы: типы и расходы материалов, температуры, составы газовой фазы и термодинамические показатели.

На четвертом этапе осуществляется разработка металлургической технологии путем нахождения оптимальных режимов и определения путей достижения этих режимов для заданных параметров выходного потока и процесса при оптимизации технико-экономических показателей. Для этого осуществляется разработка и программная реализация математических моделей, проводится исследование металлургического процесса и определяются оптимальные режимы.

На последнем этапе предусматривается проведение промышленных экспериментов для корректировки моделей и отладки технологий.

Для решения задач по определению оптимальных параметров сложной многокомпонентной металлургической системы предложен метод термодинамического моделирования, основанный на поиске принципа максимума энтропии [4]. Для реализации метода разработана методика, включающая следующие этапы: выделение областей протекания окислительных и восстановительных процессов; определение условий осуществления моделируемого процесса – диапазона температур, расходных показателей, составов газовой фазы; формирование параметров входного потока, обеспечивающих достижение необходимых условий реализации процесса и оптимизацию параметров входного потока и системы при заданных условиях осуществления процесса.

В качестве инструмента при выполнении вычислительных экспериментов на этапе термодинамического моделирования выбран программный комплекс «Терра» [5], созданный в Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана, а также модифицированная версия предыдущего варианта программы «Терра» – «АвтоАстра» [6], позволяющая осуществлять уникальные расчеты по определению условий реализации процессов, в частности, равновесных температур, что открыло дополнительные возможности при проектировании новых технологий.

Термодинамическое моделирование реализовано для модельных систем с использованием метода векторной оптимизации – исследования пространства параметров объекта, заключающегося в нахождении допустимой реализуемой области в результате многовариантных расчетов равновесных составов конечного состояния системы, анализе результатов и выборе оптимального варианта [4]. Для подтверждения полученных на данном этапе результатов предусмотрено проведение лабораторных экспериментов.

По результатам термодинамического моделирования формируются исходные данные для реализации четвертого этапа, в рамках которого разработан комплекс математических моделей для описания взаимосвязи параметров входных-выходных потоков и физико-химических процессов в металлургическом агрегате.

Математические модели включают расчеты материального и теплового балансов, определение термодинамических функций и параметров веществ, химических реакций, а также активностей компонентов фаз.

Модели реализованы в инструментальной системе «Инжиниринг-металлургия», зарегистрированной в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (№ 2017617445) [7]. Система разработана средствами MS Excel и Delphi путем осуществления связей и математических расчетов между элементами совокупности таблиц и применения встроенного программного сервиса Solver и представляет собой комплекс программ и баз данных, адаптированных для ряда металлургических технологий.

Инструментальная система состоит из блоков, позволяющих в интерактивном режиме вводить исходные данные по расходам, температуре, химическому составу материалов и технологическим параметрам процесса, рассчитывать все стадии и подпроцессы, материальный и тепловой балансы, определять энтальпии входных-выходных потоков, рассчитывать активности компонентов фаз, термодинамические характеристики химических реакций и технико-экономические показатели процесса [8].

Для разработанных программ с использованием ряда справочников созданы следующие базы данных: «Химический состав материалов», «Термодинамические свойства индивидуальных веществ», «Параметры взаимодействия 1-го порядка», «Атомные параметры», «Термодинамические характеристики реакций фазовых переходов и растворения элементов», «Удельные энергоемкости». Для согласования и передачи данных в другие модули системы разработаны соответствующие интерфейсы.

Созданная инструментальная системы «Инжиниринг-металлургия» позволяет осуществлять многовариантные расчеты, поводить исследования и решать задачу оптимизации по различным критериям.

Определение оптимальных технологических режимов металлургических процессов производится по следующему алгоритму. После формирования исходных данных рассчитываются все стадии и подпроцессы для заданного варианта технологии: горение топлива, выделение и горение летучих компонентов, испарение влаги, разложение карбонатов, окислительно-восстановительные процессы, шлакообразование. Осуществляется расчет материального баланса процесса на уровне потоков, веществ и элементов и определяются массы и химический состав продуктов – металла, шлака, газа. Производится термодинамический анализ независимых химических реакций перехода системы из начального состояния в конечное. Определяются энтальпии входных и выходных потоков и изменение энтальпии системы в результате протекания химических реакций, после чего рассчитывается тепловой баланс и определяется температура металла, шлака и газа. Рассчитываются технико-экономические показатели, и решается задача оптимизации по формальным критериям.

Постановка оптимизационной задачи заключается в определении управляющих воздействий на процесс путем поиска экстремума требуемого критерия при соблюдении системы ограничений. В качестве критериев может быть выбран один из показателей: суммарный расход шихтовых материалов на единицу продукции, себестоимость, энергоемкость или производительность агрегата. В систему ограничений входят требования к составу получаемого продукта, диапазоны изменения расходов компонентов входных потоков и параметров состояния системы, соблюдение закона сохранения массы на уровне потоков, веществ и элементов, соблюдение закона сохранения энергии, выполнение целевых условий по остальным критериям. Задача оптимизации решается методом обобщенного приведенного градиента.

С использованием разработанного метода и инструментальной системы решен ряд задач по определению оптимальных условий осуществления технологий легирования стали никелем и ванадием с использованием оксидных материалов и технологий прямого получе-

ния металла в агрегате струйно-эмульсионного типа: прямого получения металла из железорудных материалов, переработки марганцевых руд и титано-магнетитовых концентратов и прямого получения металла с попутным синтез-газом [9, 10].

Библиографический список

1. Рыбенко, И. А. Разработка оптимальных технологических режимов получения металлов с использованием методов математического моделирования и инструментальных систем / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2018. - № 2. – С. 57 – 61.
2. Рыбенко, И. А. Моделирование и оптимизация стационарных режимов металлургических процессов : монография / И. А. Рыбенко, С. П. Мочалов; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2015. – 168 с.
3. Рыбенко, И. А. Применение методики и инструментальной системы расчета металлургических процессов для разработки теоретических основ ресурсосберегающих технологий [текст]: монография / И. А. Рыбенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – 187 с.
4. Рыбенко, И. А. Термодинамическое моделирование процессов в элементарных системах : монография / И. А. Рыбенко ; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2016. – 98 с.
5. Трусов, Б. Г. Программная система ТЕРРА для моделирования фазовых и химических равновесий при высоких температурах / Б. Г. Трусов // III межд. симпозиум «Горение и плазмохимия». 24 – 26 августа 2005. Алматы, Казахстан. – Алматы : Казак университеті, 2005. – С. 52 – 57.
6. Шендриков А.Е. Принципы и структура построения программных приложений при создании инструментальных систем анализа и моделирования стационарных режимов технологических объектов / А.Е. Шендриков, С. П. Мочалов, И. А. Рыбенко// Моделирование, программное обеспечение и наукоемкие технологии в металлургии : тр. 2-ой всерос. науч.-практ. конф.; под общ. ред. С. П. Мочалова. – Новокузнецк: СибГИУ, 2006.– С. 274 –278.
7. Рыбенко, И. А. Инжиниринг-Металлургия / И. А. Рыбенко, А. А. Оленников // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017617445; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 04.07.2017.
8. Рыбенко, И. А. Инструментальная система «Инжиниринг-Металлургия» для широкого круга оптимизационных задач / И. А. Рыбенко // «Металлургия: технологии, инновации, качество: тр. XX междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 / Сиб. гос. индустр. ун-т ; под ред. Е. В. Протопопова. – Новокузнецк, 2017. – С. 75 – 82.
9. Рыбенко, И. А. Применение инструментальной системы моделирования и оптимизации для разработки теоретических основ технологий легирования и модифицирования стали / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2017. - № 2. – С. 37 – 43.
10. Рыбенко, И. А. Оптимизация технологий в струйно-эмульсионном металлургическом агрегате с использованием методики и инструментальной системы моделирования / И. А. Рыбенко // Бюл. Черная металлургия. – 2017. - № 3. – С. 60 – 65.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ

Макаров Г.В., Тамаркина Е.В., Ляховец М.В., Саламатин А.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Описывать состояние технологического оборудования принято логическими показателями, которые можно разделить на аварийные и информирующие. Аварийные показатели говорят о неисправности оборудования и невозможности продолжения (или начала) работы. Информрующие показатели служат для определения текущего состояния оборудования. Диагностика этих показателей осуществляется системой локального управления, на которую

возложены информационные и управляющие функции. Система логического управления должна оперативно оценивать состояние оборудования, формировать показатели, отображать диспетчеру и передавать в базу на хранение. В случае возникновения аварийного показателя системе необходимо выполнить алгоритм аварийной остановки или блокировки запуска. Информационные показатели позволяют формировать управляющие воздействия по управлению ходом технологического процесса.

Качество систем логического управления невозможно оценить общеупотребимыми критериями теории управления - временем переходных процессов, устойчивостью, среднеквадратическим отклонением и т.д., поскольку такие понятия для них отсутствуют или не несут никакого смысла.

Эффективность системы логического управления можно оценивать по времени реакции на аварийные события, но, в основном, при этом срабатывает непосредственная релейная защита пусковой аппаратуры и дополнительные устройства защиты. Системе логического управления остается только констатировать факт, сформировать отчет и вывести соответствующее предупреждение оператору – как это делается в современных АСУ ТП [1].

В связи с вышесказанным, показателем эффективности работы систем логического управления (помимо очевидных — правильности алгоритма управления и аварийных блокировок) является отношение количества диагностируемых состояний к общему числу возможных состояний агрегата или комплекса, которые позволяют оперативно оценить положение дел, прогнозировать и предотвращать аварийные состояния. При этом, состояния могут быть «простыми» – наличие/отсутствие сигнала и «составными» – зависящими от нескольких логических или аналоговых сигналов.

«Простые» состояния — отсутствие/наличие сигнала, простейшие временные условия на время срабатывания, разгона или останова. «Сложные» состояния могут быть как в конкретном агрегате, так и в группе совместно работающих механизмов — например, насос с запорной арматурой на всасе, на промывке и спуске. К составным состояниям одного агрегата можно отнести косвенно оцениваемые состояния, такие как «зашламовка», перегрев (когда есть непрерывный измерительный сигнал температуры (или косвенно, по температуре тиристоров, оцениванию температуры привода по току), но отсутствует защита в виде обычного теплового реле), состояние «тяжёлого пуска», прокручивания ленты конвейеров или «нетипичных» показаний приборов, что может говорить о неправильном ходе технологического процесса или неисправности прибора. Важными показателями также являются значения токов приводов, их пульсации и прочих характеристик. По их сочетанию можно говорить о состоянии подшипников, самого привода и необходимости обслуживания. Пример такой диагностики представлен в работе [2].

Учесть все эти состояния в диагностических алгоритмах локальной системы управления довольно сложно как начинающему разработчику, так и опытному. Начинающему — ввиду малого опыта, а опытному — либо ввиду «замысленности» глаза, либо занятости другими, более глобальными и сложными задачами, поскольку перед таким разработчиком в первую очередь стоит задача разработки подхода, или «системной архитектуры». При возникновении изменений в условиях функционирования агрегата, в его алгоритме управления, или в системной архитектуре возникает задача адаптации типовых систем управления к изменившимся условиям, которая, как правило, ложится на начинающих разработчиков.

Для качественной диагностики необходимо учитывать большое количество состояний различной сложности, как вполне понятных, так и не вполне очевидных. Это можно делать опираясь на существующие программы, или опросив более опытного разработчика. Однако, довольно сложно сразу сформировать правильный алгоритм обработки и диагностики таких состояний. Мысленное моделирование, зачастую, не позволяет учесть всех особенностей. А экстренная доработка систем во время их ввода в эксплуатацию (пусконаладки) сопровождается стрессом, ошибками, требует много времени и может приводить к порче технологического оборудования. В связи с этим возникает необходимость применения имитационных комплексов для так называемой виртуальной пусконаладки.

Для эффективного применения подхода к моделированию состояний агрегатов в первую очередь необходимо формальное математическое описание и классификация состояний агрегатов на языке математической логики, дополненным для систем реального времени – математическая модель объекта. При этом набор диагностируемых состояний является уникальным для каждого разработчика и является интеллектуальной собственностью.

Опишем возможные модели состояний оборудования на примере простейшей цепи управления – включения лампы.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема электрической цепи питания лампы, в которой KL1 – управляющее реле, KL2 – реле диагностики исправности цепи, EL – лампа, QF – защитный автоматический выключатель (подача напряжения), РКН – реле контроля напряжения.

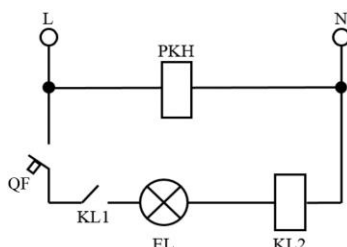


Рисунок 1 – Принципиальная схема электрической цепи системы освещения помещения

На рисунке 2 представлена принципиальная электрическая схема управления включением/выключением лампы, соответствующая цепи на рисунке 1. Также на рисунке указаны логические переменные для входных (S_1, S_2, S_3) и выходных (u) сигналов.

Функциональное состояние агрегата может быть следующим: работа, готовность к работе, неготовность к работе и авария ($F_1 \dots F_4$ соответственно). Для диагностики необходимо отображать не только функциональное состояние агрегата, но и причины их возникновения. Причины определяются сигналами и отражают изменение внешней среды в режиме реального времени, т.е. могут появляться и исчезать, иногда с большой скоростью. Для фиксации произошедшего события на интерфейсе оператора и хранения в базе служат обработанные логические переменные, определяемыми сигналами или взаимосвязью сигналов – признаки. Количество признаков должно быть достаточным для описания всех уникальных состояний системы. Для этого необходимо столько признаков, чтобы число их размещений N_P было больше, чем число размещений сигналов $N_{(u+S)}$:

$$N_{(u+S)} = 2^k = 2^4 = 16, \text{ где количество сигналов } k = k_{\text{вх}} + k_{\text{вых}}.$$



Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема управления

Полная таблица вариантов комбинаций логических входных, выходных и переменных

функциональных состояний объекта выглядит следующим образом (таблица 1).

Таблица 1 – Сводная таблица входных, выходных и переменных состояний объекта

Сигналы				Признаки					Функциональные состояния			
Сигнал на включение	Наличие напряжения на вводе	Защитная автоматика	Работа лампы	Отсутствует напряжение на вводе	Отключен автомат (сработала защитная автоматика)	Лампа включена	Лампа не отключилась (неисправность контактора)	Неисправность лампы (или неисправность цепи)	Работа	Готовность	Неготовность	Авария
u	S_1	S_2	S_3	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	F_1	F_2	F_3	F_4
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0

Отообразим каждое состояние в виде карты Карно, после чего составим таблицы результатов, где u – включение $KL1$; S_1 , S_2 и S_3 – состояния; $F_{1,2,3}$ – результат. В качестве примера на рисунке 3 приведена карта Карно для состояния «Авария».

u, s_1 s_2, s_3	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	1	1	1	1
11	1	1	0	1
10	0	0	1	1

Рисунок 3 – Карта Карно технологического состояния «Авария»

В таблице 2 представлены модели функциональных состояний $F_1 \dots F_4$ на языке алгебры логики для всех возможных вариантов размещения сигналов и упрощенные по методу карт Карно выражения.

Таблица 2 – Функциональные состояния

Переменная	Модель	Упрощенная модель	Комментарий
F_1	$u \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge s_3$	$u \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge s_3$	Работа
F_2	$\bar{u} \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3$	$\bar{u} \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3$	Готовность
F_3	$\bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3$	$\bar{u} \wedge (\bar{s}_1 \vee \bar{s}_2) \wedge \bar{s}_3$	Неготовность
	$\bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3$		
	$\bar{u} \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3$		
F_4	$\bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3$	$u \wedge (\bar{s}_1 \vee \bar{s}_2 \vee \bar{s}_3) \vee \bar{u} \wedge s_3$	Авария
	$\bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge s_3$		
	$\bar{u} \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3$		
	$\bar{u} \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge s_3$		
	$u \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3$		
	$u \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3$		
	$u \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3$		
	$u \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge s_3$		
	$u \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3$		
	$u \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3$		
$u \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3$			

Математические модели на языке логики получились следующие:

$$F_1 = u \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge s_3 \quad (1)$$

$$F_2 = \bar{u} \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3 \quad (2)$$

$$F_3 = \begin{cases} \bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3 \\ \bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3 \\ \bar{u} \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3 \end{cases} \Rightarrow \bar{u} \wedge (\bar{s}_1 \vee \bar{s}_2) \wedge \bar{s}_3 \quad (3)$$

$$F_4 = \begin{cases} \bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3 \\ \bar{u} \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge s_3 \\ \bar{u} \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3 \\ \bar{u} \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge s_3 \\ u \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3 \\ u \wedge \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3 \\ u \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3 \\ u \wedge \bar{s}_1 \wedge s_2 \wedge s_3 \\ u \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge \bar{s}_3 \\ u \wedge s_1 \wedge \bar{s}_2 \wedge s_3 \\ u \wedge s_1 \wedge s_2 \wedge \bar{s}_3 \end{cases} = \begin{cases} u \wedge (\bar{s}_1 \vee \bar{s}_2 \vee \bar{s}_3) \\ \bar{u} \wedge s_3 \end{cases} = u \wedge (\bar{s}_1 \vee \bar{s}_2 \vee \bar{s}_3) \vee \bar{u} \wedge s_3 \quad (4)$$

Таким образом, полная модель объекта управления, учитывающая все его возможные состояния описана выражениями (1)-(4). Исходя из этой модели разрабатывается система логического управления, позволяющая управлять диагностировать промышленный агрегат. Таблица признаков для диагностики выглядит следующим образом.

Таблица 3 – Модели состояний (признаки)

Переменная	Модель	Тип	Комментарий
P_1	$\overline{s_1}$	Аварийный	Отсутствует напряжение на вводе
P_2	$\overline{s_2}$	Аварийный	Отключен автомат (сработала защитная автоматика)
P_3	s_3	Информирующий	Работа лампы
P_4	$\bar{u} \wedge s_3$	Аварийный	Лампа не отключилась (неисправность контактора)
P_5	$u \wedge \overline{s_3}$	Аварийный	Неисправность лампы (или неисправность цепи)

Исходя из того, что данной моделью могут быть описаны различные по технологическим функциям и типу агрегаты, можно сделать классификацию типовых объектов, для которых подходят вполне определенные типовые системы логического управления – например, одной и той же моделью будет описываться простейший вентилятор, насос, грохот и др. [3]. Такая типизация при проектировании позволяет сократить время разработки программного обеспечения и отладки на этапе внедрения АСУ ТП.

Библиографический список

1. Шипунов М.В. Информационное обеспечение автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики "Барзасское товарищество"/ Шипунов М.В., Коровин Д.Е., Грачев В.В., Мышляев Л.П., Ляховец М.В., Мелкозеров М.Ю., Макаров Г.В. // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2018. № 4 (26). С. 41-45.
2. Аниканов Д.С. Реализация метода диагностики механизма по энергетическим показателям приводного асинхронного электродвигателя с использованием современных средств автоматизации / Аниканов Д.С. // В сборнике: ВВЕДЕНИЕ В ЭНЕРГЕТИКУ сборник материалов II Всероссийской (с международным участием) молодежной научно-практической конференции. 2016. С. 206.
3. Саламатин А.С. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогатительных фабрик / Саламатин А.С., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Мышляев Л.П., Раскин М.В. // Научно-технические разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 330-333.

ИНФОРМАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И РЕПУТАЦИЯ ЧЛЕНОВ ГРУПП СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ-ПРОВАЙДЕРА

Конюхова Е.С., Киселева Т.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Моделирование социальных сетей, разработка механизмов управления и воздействия на членов социальной группы – актуальная и перспективная тема для научных исследований. Многопользовательские интернет-площадки Вконтакте, Одноклассники, Instagram, Facebook - популярные представители социальных сетей в Интернете. В их основе - социальный граф, с помощью которого можно выявить агентов влияния, установить степень взаимосвязей между пользователями, сформировать стратегию управленческих воздействий на лидеров мнений.

Введение

Под социальной сетью понимается социальная структура, состоящая из множества агентов (субъектов – индивидуальных или коллективных, например: индивидов, семей, групп, организаций) и определенного на нем множества отношений (совокупности связей между агентами, например: знакомства, дружбы, сотрудничества, коммуникации) [1]. Интерес исследований социальных сетей обусловлен их широким распространением во всех сферах жизни общества. Многопользовательские интернет-площадки Вконтакте, Одноклассники, Instagram, Facebook и другие являются яркими представителями социальных сетей в глобальной сети. В основе социальных сетей лежит понятие социального графа. Это термин находится на стыке дискретной математики и социологии. Социальный граф представляет собой множество вершин с указанием участников сети и различных видов социальных связей между ними. Построение социальных графов и выявление лидеров мнений (агентов влияния) было проведено на примере групп предприятия – провайдера АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте и Одноклассники.

Узлы социального графа электронной социальной сети представлены социальными объектами, такими как пользовательские профили с различными атрибутами (например: имя, день рождения, родной город), сообщества, медиаконтента и так далее, а рёбра — социальными связями между ними. На рисунке 1 представлен социальный граф, построенный с помощью пакета программного обеспечения Gephi для участников группы АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте в возрасте от 18 до 60 лет, у которых в качестве города проживания указан Междуреченск. В результате сегментации количество пользователей, удовлетворяющих запросу, составило 759 подписчиков. Для визуализации был использован алгоритм «Yifan Hu Multilevel». Его сложность $O(N * \log(N))$. Ограничение на размер графа: 100 – 100 000 вершин. Этого ограничения достаточно, чтобы построить социальный граф в первом приближении, который отражает взаимосвязи центрального узла (группа АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте) и ребер (подписчиков исследуемой группы).

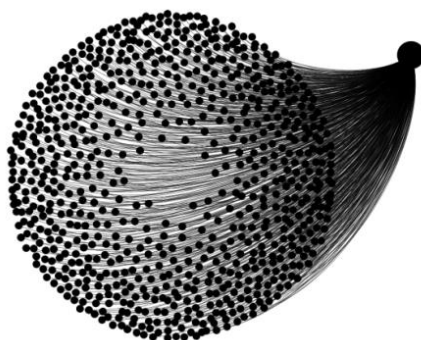


Рисунок 1 - Социальный граф подписчиков группы АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте

На рисунке 2 представлен социальный граф группы АО «РИКТ» в социальной сети Одноклассники, в построении которого были задействованы данные о 384 подписчиках. Выборка производила по трем параметрам: возраст от 18 до 60 лет, страна – Россия, город Междуреченск.

Для визуализации был использован алгоритм «Force Atlas», разработанный создателями Gephi в 2007 для визуализации безмасштабных сетей, т.е. графы, в которых степени вершин распределены по степенному закону (Джакоми, Хэйман, Вентурини, Бастиан, 2007). Сложность составляет $O(N^2)$, что позволяет обработать графы с числом вершин от 1 до 10 000 (именно такие ограничения имеет число друзей пользователя Одноклассники).

В первом абзаце, который идет после заголовка, отступ делать нельзя («Стиль основного текста»).

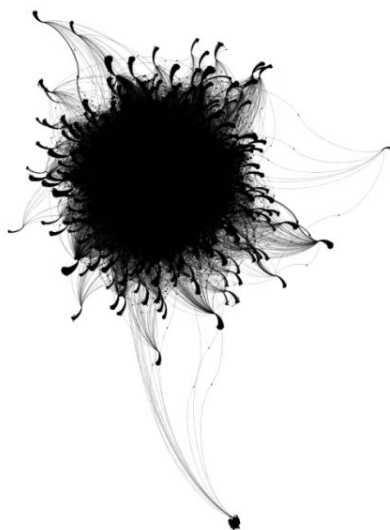


Рисунок 2 - Социальный граф подписчиков группы АО «РИКТ» в социальной сети Одноклассники

Социальные графы характеризуются такими метриками как: метрики взаимоотношений, метрики связей и сегментации. Для решения задач на социальном графе используются специальные модели, с помощью которых можно заменить «реальные» графы. С помощью социальных графов решают такие задачи, как:

- идентификация пользователей;
- социальный поиск;
- генерация рекомендаций по выбору «друзей», медиаконтента, новостей;
- выявление «реальных» связей или сбор открытой информации для моделирования графа.

Обработка данных социальных графов связана с рядом проблем, как например, различия социальных сетей, закрытость социальных данных. Так по результатам сбора информации о подписчиках группы АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте в построении социального графа были задействованы данные только о 499 пользователях.

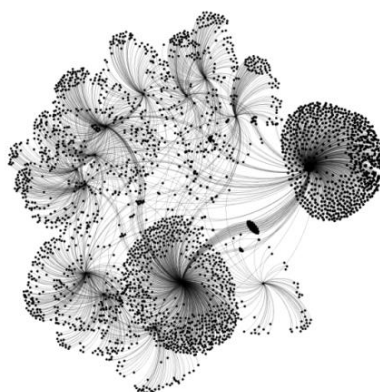


Рисунок 3 - Социальный граф подписчиков группы АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте, обработанный алгоритмом «Force Atlas»

В задачах на социальном графе используется понятие метрик — показателей, которые в числовой форме отображают характеристики социальных объектов, сегментов, групп объектов и их связей. Эти метрики применяются при проведении анализа социальных сетей. Так метрики взаимоотношений отображают характер взаимоотношений одного социального объекта с другими социальными объектами. Метрики связей отображают особенности связей, как для отдельных социальных объектов, так и для графа в целом. Сила связи определяется

линейной комбинацией времени, близости и взаимности; чем больше значение силы связи, тем она сильнее. Сильные связи определяются «гомофилией», «соседством» или «транзитивностью», в то время как слабые связи определяются «мостами» [2].

Коэффициент кластеризации — степень вероятности того, что два разных пользователя, связанные с конкретным индивидуумом, тоже связаны. Высокий коэффициент кластеризации указывает на высокую замкнутость группы.

Социальные графы, полученные в результате исследования групп АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте, имеет 42669 узлов и 70203 ребер, в Одноклассники – 58169 узлов и 111156 ребер. В таблице 1 представлены основные показатели полученных графов.

Таблица 1 – Основные свойства социальных графов АО «РИКТ», построенных по данным групп в социальной сети Вконтакте и Одноклассники

Свойство графа	Вконтакте	Одноклассники
средняя степень	3,291	3,822
средний коэффициент кластеризации	0,159	0,166
диаметр графа	9	7
средняя длина пути	4,351	6,343
модулярность	0,644	0,561
связные компоненты	229	146

При моделировании социальных сетей возникает необходимость учета взаимного влияния их членов, динамики их мнений. Влияние – процесс и результат изменения индивидуумом (субъектом влияния) поведения другого субъекта (индивидуального или коллективного объекта влияния), его установок, намерений, представлений и оценок (а также основывающихся на них действий) в ходе взаимодействия с ним [3]. Различают направленное и ненаправленное влияние. Направленное (целенаправленное) влияние использует в качестве механизмов воздействия на другого человека убеждение и внушение. При этом индивид – субъект влияния – ставит перед собой задачу добиться определенных результатов от объекта влияния. Ненаправленное (нецеленаправленное, «косвенное») влияние – влияние, при котором индивид не ставит перед собой задачу добиться определенных результатов от объекта влияния [3]. Целенаправленное влияние членов социальной сети (или субъектов, не входящих в сеть, но использующих ее в качестве инструмента информационного воздействия) является частным случаем информационного управления, заключающегося в формировании (как правило, путем сообщения соответствующей информации) у управляемых субъектов такой информированности, чтобы принимаемые ими на основании этой информированности решения были наиболее выгодны для управляющего субъекта [2]. Для того чтобы оценить скорость распространения информации среди клиентов АО «РИКТ» - участников Интернет сообщества Междуреченска был проведен эксперимент. На 2-х корпоративных виртуальных площадках компании rikt.ru, forum.rikt.ru была размещена новость: «МТС и РИКТ объединили усилия для развития услуг связи в Междуреченске». Это же сообщение было опубликовано в социальных сетях Вконтакте и Одноклассники. В течение недели наибольшую активность (количество просмотров и комментариев) проявили пользователи сети Вконтакте. В таблице 2 представлены данные о количестве просмотров новости на каждом рекламно-информационных ресурсе.

Таблица 2 – Количество активностей среди клиентов АО «РИКТ» за неделю на интернет площадках rikt.ru, forum.rikt.ru, Вконтакте, Одноклассники

	Вконтакте	Одноклассники	Rikt.ru	Forum.rikt.ru
Количество просмотров	970	826	327	134
Количество комментариев	7	0	-	2
Количество лайков/классов	17	3	-	-
Количество репостов	6	1	-	-

Возможности влияния одних членов социальной сети на других ее членов существенно зависят от репутации первых. Репутация – «создавшееся общее мнение о достоинствах или недостатках кого-либо, чего-либо, общественная оценка» [3]. Репутацию можно рассматривать, во-первых, как ожидаемую (другими агентами) норму деятельности агента – какого поведения от него ожидают остальные [1]. Во-вторых, как «весомость» мнения агента, определяемую предшествующей оправдываемостью его суждений и/или эффективностью его деятельности. Репутация оправдывается и, как правило, возрастает, если выбор агента (его суждения, действия и т.п.) совпадает с тем, чего от него ожидают остальные и/или с тем, что остальные впоследствии считают нормой (например, эффективной деятельностью) [3]. Репутация может и снижаться, например, при нарушении субъектом принятых в сообществе норм поведения, при принятии неэффективных решений и т.д. Отметим, что репутация может быть как индивидуальной, так и коллективной [1]. На рисунке 4 представлен социальный граф АО «РИКТ» с цветовой градацией в зависимости от модулярности.

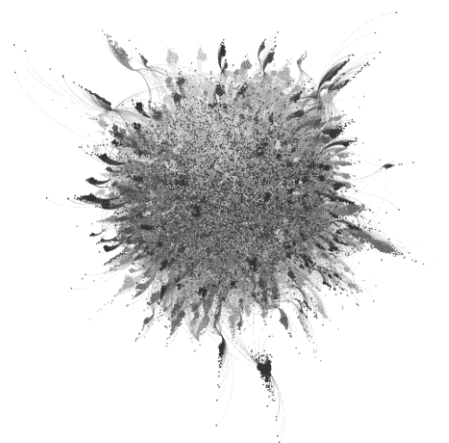


Рисунок 4 - Социальный граф подписчиков группы АО «РИКТ» в социальной сети Одноклассники с цветовой градацией в зависимости от модулярности

По результатам проведенного исследования была создана база данных на основе списка пользователей – подписчиков групп АО «РИКТ» в социальной сети Вконтакте и Одноклассники, которые являются агентами влияния (лидерами мнений). Наибольшей репутацией в социальной сети Вконтакте пользуются 40 подписчиков группы РИКТ. Количество их социальных связей от 600 до 2300. Среди участников сообщества АО «РИКТ» в Одноклассниках – 24 агента влияния. Минимальное количество друзей - 360.

Полученная в ходе исследования БД была синхронизирована с информацией об абонентах из биллинговой системы компании «СМАРТ АСР». Благодаря этому появилась возможность провести анализ по выявлению закономерностей между объемом предоставляемых услуг и формированием лояльности пользователей. Визуализация БД представлена на рисунке 5.

VK ID	ССЫЛКА НА	ПОЛ	ЛЕТ	ДАТА РОЖД	ВИЗИТ В ВК	УСТРОЙСТВ	НИКНЕЙМ	ДЕВИЧЬЯ Ф.	ТЕКУЩАЯ ЭЛ.	СЕМЕЙНОЕ
100052311489	https://ok.ru/	Ж	59	07.04.1960	#####					
100484731	https://vk.com	Ж	36	04.10.1982	#####	Android app			Фотограф Мех	замужем
100935477	https://vk.com	Ж	26	17.01.1993	#####	Android app		Поваринцева		
10228713	https://vk.com	Ж	47	27.02.1972	#####	m.vk.com		Воронова	ХГПА (бывш. Х	
103072942	https://vk.com	М	27	29.12.1991	#####	Android app				помолвлен
10566211	https://vk.com	Ж	31	10.06.1988	#####	Android app		Кипке	СибГИУ (СМИ,	
10588480	https://vk.com	М	31	21.05.1988	#####	vk.com	Aleks Hard		Филиал ТГУ	не женат
106488778	https://vk.com	Ж	29	06.08.1989	#####	Android app		Козлова		замужем
10692202	https://vk.com	М	33	21.11.1985	#####	vk.com				

Рисунок 5 - Визуализация БД с информацией о подписчиках групп АО «РИКТ» социальной сети Одноклассники

Так, более 30 % абонентов, которые участвуют в жизни компании в социальных сетях, выбрали РИКТ в качестве основного поставщика услуг фиксированного бизнеса. Предпочитаемые тарифные планы – ДУЭТ, ТРИО, Загородный Wi-Fi.

Выполняя запросы к полученной БД (критерии: пол, возраст, семейное положение, тариф, наличие услуг и т.д), в рамках исследования запланировано проведение экспериментов по управлению и воздействию на целевую аудиторию пользователей социальных сетей путем формирования положительного мнения с привлечением агентов влияния. Рисунок с результатами по запросу к БД представлен на рисунке 6.

VK ID	ПОЛ	ВИЗИТ В ВК
427743632	Ж	27.06.2019 11:23
387175152	М	27.06.2019 11:22
340911332	Ж	27.06.2019 11:22
405975818	Ж	27.06.2019 11:22
334372248	Ж	27.06.2019 11:22
460598909	Ж	27.06.2019 11:22
360265507	М	27.06.2019 11:21
250648328	М	27.06.2019 11:21
323774671	Ж	27.06.2019 11:21

Рисунок 6 - Визуализация результата запроса к БД.

Заключение

В продолжение данного исследования будет рассмотрена одна из задач управления, а именно воздействие на агентов социальной сети с целью формирования требуемых их мнений. Ограничимся случаем манипулирования со стороны одного (первого) агента, целью которого является такое манипулирование своими начальными мнениями по каждому из вопросов, чтобы (с учетом соответствующей динамики его репутации) добиться определенного результирующего мнения всех членов социальной сети по последнему вопросу.

Библиографический список

1. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Модели информационного влияния и информационного управления в социальных сетях // Проблемы управления. – 2009. - № 28. – С 28-35.
2. Глоссарий по теории управления и ее приложениям / <http://glossary.ru>.
3. Губанов, Д. А., Новиков, Д. А., Чхартишвили, А. Г. Модели влияния в социальных сетях (обзор) // Управление большими системами. - 2009. - № 27. – С 205-281.
4. Доценко Е.Л. Психология манипуляции: феномены, механизмы и защита. – Москва: ЧеРо, 1997. – 344 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ МАШИН В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0.»

Романовский С.П., Ахмаров В.А.

ООО «АТЭСКО Сибирь», г. Новосибирск, Россия

Общая задача цифровых технологий, внедряемых на промышленных предприятиях страны, – повышение эффективности производства. Процесс активно набирает обороты в ключевых отраслях: машиностроение, металлургия, горная добыча, нефтегазовый сектор, химия. Промышленные предприятия активно внедряют на своих производствах цифровые решения, которые позволяют компаниям выйти на качественно новый уровень.

Любое эффективное производство так или иначе зависит от идеального взаимодействия независимо работающих, но связанных между собой частей. Для управления производственным процессом в реальном времени нужна полная логическая цепочка общения элементов производства, начиная от полевого уровня и заканчивая верхним уровнем систем автоматизации управления.

Индустрия 4.0 - новая парадигма производства, которая синтезирует в единое целое несколько технологических подходов:

- совместимость, способность машин, устройств, сенсоров и людей взаимодействовать и общаться друг с другом через интернет вещей, сокращение участия человека во взаимодействиях между вещами;

- прозрачность, создание цифровых двойников реальных объектов, систем функций, которые точно отражают всё, что происходит с физическим объектом;

- поддержка принятия решений информационными системами, через сбор, анализ и визуализацию информации.

Концепция Индустрии 4.0 предусматривает цифровизацию и интеграцию всех процессов жизненного цикла изделий, начиная от процесса разработки и заканчивая процессами логистики и сервиса. Данные обо всех протекающих процессах, этапах производства, деталях, сборочных узлах и изделиях должны быть доступны авторизованным пользователям в режиме реального времени в рамках единой цифровой сети [1].

Коснемся реализации внедрения элементов цифровых машин.

1. Полевой уровень.

Использование датчиков с интерфейсом IO-Link. Данная технология позволяет не только отслеживать состояние датчика благодаря функциям самодиагностики, но и отслеживать состояние исполнительного органа, работающего с этим датчиком. IO-Link обладает высокой помехозащищённостью и не требует специальных экранированных кабелей, т.к. сигнал передаётся в цифровом виде.

2. Обмен данными между устройствами в пределах цеха (линии).

EtherCAT – это промышленная шина, обладающая открытостью, быстродействием, универсальностью в режиме реального времени.

Типичными областями для применения EtherCAT являются:

- управление станками и оборудованием;

- распределенные системы сбора данных и управления.

3. Уровень программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Сегодня помимо функций управления, контроллер является связующим звеном между полевым и ИТ уровнем. Встроенный сервер OPC UA в качестве стандартной функции машинных контроллеров компании Omron позволяет использовать один сервер и интерфейс для передачи текущих и архивных данных.

Преимущество OPC UA:

- Кроссплатформенность стандарта. Программное обеспечение (ПО) OPC UA способно работать практически на любой платформе. Использование сервера OPC UA позволяет устанавливать его не как отдельное приложение на компьютер, а непосредственно в контроллер. Далее в SCADA-систему задаются параметры контроллера, после чего она может получать все необходимые значения напрямую от него. Таким образом, обмен данных происходит проще и быстрее.

- Простота и доступность удалённого подключения.

- Высокий уровень безопасности. OPC UA позволяет использовать современные методы шифрования и аутентификации при передаче данных через интернет.

Прямое подключение контроллера в качестве SQL-клиента позволяет избежать сложной настройки, а также отпадает необходимость промежуточных программных и аппаратных средств. Теперь можно передавать и получать значения технологических процессов и состояние оборудования напрямую из базы данных (БД).

В качестве примера рассмотрим созданный силами наших работников прототип «цифровой машины». Основой данной «цифровой машины» стал современный контроллер NX102 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Обобщенная структура современного цифрового производства

Данный контроллер поддерживает:

- функции управления движением с синхронизацией осей;
- кроссплатформенный сервер OPC UA;
- прямое подключение к БД в качестве SQL-клиента;
- два Ethernet порта для разделения локальной и промышленной сети с поддержкой современных протоколов, в том числе MQTT;
- шину реального времени EtherCAT.

В качестве исполнительного органа использована компактная версия линейного конвейера с частотным приводом, управляемым по EtherCAT. В будущем рассматривается возможность перехода на сервопривод, для обеспечения требуемой динамики движения.

Система визуализации построена на сенсорной панели оператора с поддержкой веб-интерфейса.

Также для контроля процесса используются фотоэлектрические и индуктивные датчики с поддержкой IO-Link.

Для программирования и настройки «цифровая машина» оснащена ноутбуком со всем необходимым программным обеспечением. На нем же «развернута» реальная БД, сервер Apache для разработки веб-интерфейса визуализации данных и таблиц БД, установлен брокер для подключения MQTT-клиентов.

Разработкой системы управления мы занимались самостоятельно и в процессе накапливали необходимые знания. За время создания нашей цифровой машины было:

- написана программа управления преобразователем частоты по EtherCAT;
- созданы переменные для доступа к ним OPC UA клиентов;
- нарисован видеокадр и запараметрирована HMI панель, в том числе и веб-интерфейс;
- создана база данных и таблицу-журнал рабочих параметров двигателя в MS SQL;
- организовано подключение контроллера к БД и передача данных в таблицы и из них;
- для наглядного вывода данных, хранящихся в БД, создан веб-интерфейс на HTML с использованием PHP;
- структурированы данные, получаемые с датчиков по IO-Link с их визуализацией на панели оператора.

Работа с контроллером, датчиками и НМІ для наших специалистов была знакома, а вот с задачами связанными с БД, HTML и PHP они столкнулись впервые. На сегодня все запланированные задачи решены, и можно однозначно сказать, что был создан прототип «цифровой машины», использующий все возможности современных средств автоматизации, а специалисты приобрели неоценимый практический опыт.

Сегодня наша «цифровая машина» позволяет отрабатывать не только вышеперечисленные навыки (использоваться в образовательном процессе), но также позволяет решать и исследовательские задачи в областях технического зрения, 3D-сканирования, тестирования разнообразных датчиков, систем безопасности. Это позволяет накапливать исходные данные для анализа их с применением машинного обучения нейронных сетей.

Создание «цифровой машины» на предприятии, является основным заданием на будущее жизни предприятия. Так как все эти данные пригодятся, например, для перехода к предиктивному обслуживанию и созданию цифрового двойника предприятия.

Библиографический список

1. Щетинина, Н. Ю. Индустрия 4.0: практические аспекты реализации в российских условиях / Н. Ю. Щетинина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. -2017. - № 1 (21). - С. 75-84.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭС РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ УСТРАНЕНИЕ

Гусев С.С.

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

Современная отрасль атомной энергетики насчитывает сотни, а может быть даже тысячи случаев аварийной остановки реакторов. Проблемы в управлении атомными электростанциями появились с самого становления атомной отрасли. Первоочередной и самой главной проблемой была, есть и остается проблема поддержания цепной реакции деления ядер урана в активной зоне АЭС.

Успешное внедрение АСУ ТП позволило сократить риски во избежание аварийных ситуаций в управлении АЭС. Однако человеческий фактор в управлении оставляет проблемы в управлении – возможном допущении ошибок оператором при управлении АЭС. Неизбежно и здесь предусмотрена система защиты в управлении (СУЗ). Тут стоит подчеркнуть одну важную деталь в управлении, а именно, информационные системы (ИС) стали внедряться в управление АЭС. ИС сократили ряд проблем в управлении АЭС. Помимо того, что они уменьшили роль влияния человека в управлении АЭС, они перевооружили управление самой АЭС. Степень влияния человека неразрывно связана с масштабами проблем в управлении АЭС. И чем меньше человек влияет на процесс управления, тем большее влияние в управлении АЭС отводится ИС.

Чтобы понять проблемы, которые возникают или могут возникнуть на атомных электростанциях, окунемся в процесс становления атомной отрасли, пути ее развития и процессы модернизации атомных электростанций.

Сам процесс управления АЭС без участия человека невозможен. Необходим постоянный контроль за процессами, протекающими в реакторной установке. Присутствие человека уже говорит о человеческом факторе в управлении АЭС. Эту проблему скорее следует отнести к первостепенной. К второстепенным проблемам следует отнести технические и технологические проблемы на АЭС, которые должен устранять оператор ядерных энергетических установок (ЯЭУ) в процессе их появления или проявления. Ввиду того, что оператор принимает решение по устранению проблем, возникающих на АЭС, были внедрены ИС, которые позволили сократить риски в управлении и избежать целого ряда проблем. Однако до внедрения ИС на АЭС, уже использовались система управления защитой (СУЗ) и контрольно-измерительные

приборы и автоматика (КИПиА). В целом совместное использование СУЗ и КИПиА позволяло устранять проблемы на АЭС, а именно, сбрасывать стержни в активную зону (АЗ) реактора при аварийной защите от проявления цепной реакции деления ядер урана в АЗ АЭС.

Актуальность вопроса использования того или иного типа реактора для получения электрической энергии зависит от того какие из делящихся ядра тяжелых элементов задействованы в цепной реакции деления в реакторе. АЭС использует ядра тяжелых элементов – урана (^{235}U) и плутония (^{239}Pu) и их изотопов. При делении ядер выделяется энергия, что способствует энерговыделению в АЭС. Но можно использовать только ядра, имеющие определенную массу – ядра изотопов. В атомных ядрах изотопов содержится одинаковое число протонов и разное число нейтронов, из-за чего ядра разных изотопов одного и того же элемента имеют разную массу. У урана, например, 15 изотопов, но в ядерных реакциях участвует ^{235}U или ^{238}U .

В большинстве типов реакторов – тепловых реакторах используется обогащенный уран – ^{235}U . Однако существует такой вид реакторов – реакторы на быстрых нейтронах, которые имеют свое сокращенное обозначение – БР или БН. К БР часто относятся обозначения исследовательских типов реакторов, в которых используется ^{235}U или ^{238}U с примесями, что делает его таким же обогащенным как и ^{235}U , тогда как к БН относятся промышленные реакторы типа БН-600, БН-800, в которых может использоваться необогащенный уран – ^{238}U , основной составляющей природного урана (~99,3%). Этот изотоп хорошо поглощает быстрые нейтроны и превращается в другой элемент – оружейный плутоний ^{239}Pu и делящийся изотоп плутония ^{241}Pu . Главная особенность ядерных реакторов на быстрых нейтронах состоит в том, что они открывают возможность использования не делящихся в реакторах на тепловых нейтронах изотопов тяжёлых элементов.

Реакторы на быстрых нейтронах очень компактны. Им не нужны ни замедлители, ни поглотители – их роль играет уран. Называются они реакторами-размножителями, или бридерами. Воспроизведение ядерного горючего позволяет в десятки раз полнее использовать уран, поэтому реакторы БН считаются одним из перспективных направлений атомной энергетики.

В реакторах такого типа, кроме тепла, нарабатывается еще и вторичное ядерное топливо, которое можно использовать в дальнейшем. Здесь ни в первом, ни во втором контурах нет высокого давления. В качестве жидкометаллического теплоносителя используется жидкий натрий, что вызывает эрозию труб – тепловыделяющихборок (ТВС), а, следовательно, и активной зоны (АЗ), что является недостатком реактора. Он циркулирует в первом контуре, нагревается сам и передает тепло натрию второго контура, а тот, в свою очередь, нагревает воду в пароводяном контуре, превращая ее в пар. Теплообменники изолированы от реактора.

В реакторах на быстрых нейтронах не нужно достигать высокого давления 16 МПа, как в тепловых реакторах. В них также не нужна огромная толщина стенок из-за давления, как в водо-водяном энергетическом реакторе (ВВЭР) или в РБМК. В БР отсутствует йодная яма, которая существует в ВВЭР [1], РБМК и других типов тепловых реакторов. Это свойство реакторов БР значительно увеличивает их эффективность, так как в процессе деления ядер урана в реакторах типа ВВЭР, РБМК, во время работы ядерного реактора, среди прочих продуктов деления образуется радиоактивный изотоп йода ^{135}I . В результате β -распада с периодом полураспада 6,57 часа он превращается в изотоп ксенона ^{135}Xe . Этот изотоп тоже радиоактивен, но его период полураспада больше – 9,14 часа. ^{135}Xe очень хорошо поглощает нейтроны. Поглощенные им нейтроны, очевидно, не могут участвовать в цепной реакции деления урана, поэтому присутствие ^{135}Xe снижает запас реактивности реактора. В реакторе, работающем на большой мощности, убыль ^{135}Xe определяется его радиоактивным распадом и выгоранием в результате захвата нейтронов. Образование йодной ямы на 1–2 суток приостанавливает работу реактора.

В реакторах БР существует отдельная зона воспроизводства для производства оружейного плутония ^{238}Pu и ^{239}Pu . Эта зона находится на периферии АЗ и тем самым дает возможность удалять плутоний из АЗ. ТВС удаляются из АЗ реактора по достижению проектного выгорания ядерного топлива. Выгорание это уменьшение количества делящегося топлива

за время работы реактора на определенной мощности. При достижении выгорания определенного процента ядерного топлива сборку извлекают из АЗ и доставляют частично на переработку оружейного плутония ^{238}Pu в ^{238}U , а частично на утилизацию.

Реакторы БР имеют топливно-замкнутый цикл обработки путем добавления примесей к ^{238}U для получения обогащенного урана ^{235}U и вторичного его использования в исследовательских реакторах на быстрых нейтронах.

Быстрые реакторы могут служить не только для получения энергии. Потоки нейтронов высокой энергии способны эффективно сжигать наиболее опасные долгоживущие радионуклиды, образующиеся в отработавшем ядерном топливе. Это имеет принципиальное значение для решения проблемы обращения с радиоактивными отходами атомной энергетики. Дело в том, что период полураспада некоторых радионуклидов намного превышает научно обоснованные сроки стабильности геологических формаций, которые рассматриваются в качестве мест окончательного захоронения радиоактивных отходов. Поэтому, применив топливно-замкнутый цикл с выжиганием радионуклидов и трансмутацией долгоживущих продуктов деления в короткоживущие, можно радикально решить проблему обезвреживания отходов атомной энергетики и многократно уменьшить объем радиоактивных отходов, подлежащих захоронению.

Технология реакторов на быстрых нейтронах уже достаточно развита, особенно в нашей стране, но их серийное строительство пока не организовано, поэтому они сравнительно дороги. Кроме того, должно быть организовано крупномасштабное радиохимическое производство по выделению плутония; это дает дополнительные расходы. Так что, пока не выгодно. Но специалисты утверждают: к середине века уран станет труднее добывать (месторождения истощаются), цена на него значительно возрастет. Вот тогда и наступит эпоха «быстрой энергетики».

Исчезнут ли реакторы на тепловых нейтронах? Конечно, нет. Скорее всего, на одной площадке будет размещен реактор на быстрых нейтронах и несколько реакторов на тепловых нейтронах, а также радиохимическое производство. Быстрый реактор будет производить плутоний для тепловых реакторов. Но чем он будет «питаться» сам? И здесь проявляется еще одно преимущество реакторов на быстрых нейтронах.

Быстрый реактор способен производить больше топлива, чем потребляет [2]. Так, израсходовав 100 килограммов делящегося изотопа, можно получить 120–130 килограммов свежего ядерного топлива. Из-за этой особенности реакторы на быстрых нейтронах называют бридерами (от англ. breeder – размножитель). Итак, бридер производит плутоний не только для соседей, работающих на тепловых нейтронах, но и для себя самого.

В докладе стоит дать оценку об основных возмущающих воздействиях, которые целесообразно контролировать. К таким параметрам следует отнести температуру в АЗ, балансное содержание парогенератора, давление в АЗ реактора и критический тепловой поток. Их как раз целесообразнее всего контролировать для поддержания протекающей цепной реакции деления ядер обогащенного урана в АЗ. Разница температур на входе и выходе АЗ дает нам возможность определить подогрев теплоносителя в АЗ. И зная насколько он подогревается, и плотность нейтронного потока, можно вычислить мощность реактора. Эксплуатация реакторов БН требует постоянного подогрева контуров и как следствие затрат огромной энергии других источников в режиме остановки в отличие от ВВЭР и РБМК, в которых теплоносителем служит не натрий, а вода. При работе ВВЭР и РБМК, а также и БН происходит выгорание ТВС в АЗ. Причем в центре АЗ любого типа реактора ТВС выгорают быстрее, чем на периферии. Методика перегрузок ТВС в АЗ с целью достижения оптимального выгорания сборок различна для реакторов на тепловых и быстрых нейтронах. Реакторы класса ВВЭР прогревают главными циркуляционными насосами (ГЦН) при «холодном» пуске реактора в отличие от БН, которые изначально уже готовы к работе.

Перспективы развития реакторов БН обеспечиваются приведенными выше свойствами реакторов на быстрых нейтронах в отличие от ВВЭР, РБМК или других типов тепловых реакторов. Перспективы очевидны. Базируясь на свойствах реакторов БН можно смело утвер-

ждать, что будущее поколение реакторов в атомной энергетике, отрасли стоит за реакторами на быстрых нейтронах.

Первоначальное развитие проекта реактора БН–1200, подразумевало под собой создание реактора с тепловой мощностью 1600 МВт, то есть в 2010 году была заложена концепция развития реактора и его проектирование как БН–1600. Однако после истечения некоторого времени и внесения изменений в конструкторские замечания выходную мощность реактора снизили до 1200 МВт. Необходимо отметить, что для успешной реализации проекта пилотной коммерческой АЭС имеются серьезные основания. Говоря о перспективах развития реакторов на быстрых нейтронах в атомной энергетике [1], в настоящее время в Обнинске приступили к разработке нового промышленного реактора БН–1200 – пятого энергоблока на Белоярской АЭС строительство которого должно начаться в 2020 году, а закончиться в 2025 году. В программе задействованы 12 крупных организаций. Определенная доля участия отводится Обнинскому Государственному Научному Центру Российской Федерации Физико-энергетическому институту, за которым закреплен статус научного руководителя. БН–1200 станет «локомотивом» топливно-замкнутого цикла, когда реактор, сжигая топливо одного вида, воспроизводит топливо другого вида, выделяя большое количество энергии, работает почти без потерь. Анализ опыта разработки и эксплуатации исследовательских и промышленных реакторов на быстрых нейтронах показывает, что технология быстрых натриевых реакторов на быстрых нейтронах обладает значительными резервами по улучшению технико-экономических показателей и повышению безопасности.

Библиографический список

1. Гусев С.С. Проблемы управления АЭС на современном этапе развития атомной отрасли // Интерактивная наука №4, 2017. – С. 108 – 110.
2. Акатов А.А., Коряковский Ю.С. Будущее ядерной энергетике. Реакторы на быстрых нейтронах. – 2012. – 36 с.

СЕКЦИЯ 2

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОЗИРОВАНИЕМ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ОФ ООО СП «БАРЗАСКОЕ ТОВАРИЩЕСТВО»

Мышляев Л.П.¹, Ляховец М.В.², Макаров Г.В.¹, Коровин Д.Е.², Кулюшин Г.А.²

¹ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия

²Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Обогатительные фабрики, занимающиеся переработкой полезных ископаемых, стремятся постоянно наращивать производственные мощности, вводя технологические улучшения в структуре производства. Например, технологические процессы, позволяющие захватывать мелкие фракции угля, такие, как флотация [1]. Процесс обогащения угля методом флотации является эффективным по показателям качества, но затратным по использованию реагентов. Необходимо использование системы автоматизированного управления технологическими процессами, которая позволит оптимально использовать ресурсы – достижение наилучших показателей обогащения при наименьших затратах на производство.

В рамках очередной модернизации на обогатительной фабрике ООО СП «Барзасское товарищество» (г. Березовский) принято решение о создании флото-фильтровального отделения (ФФО). Целью модернизации являлось повышение эффективности процессов обогащения технологического комплекса данного отделения и, вследствие этого, улучшение технико-экономических показателей функционирования фабрики [2].

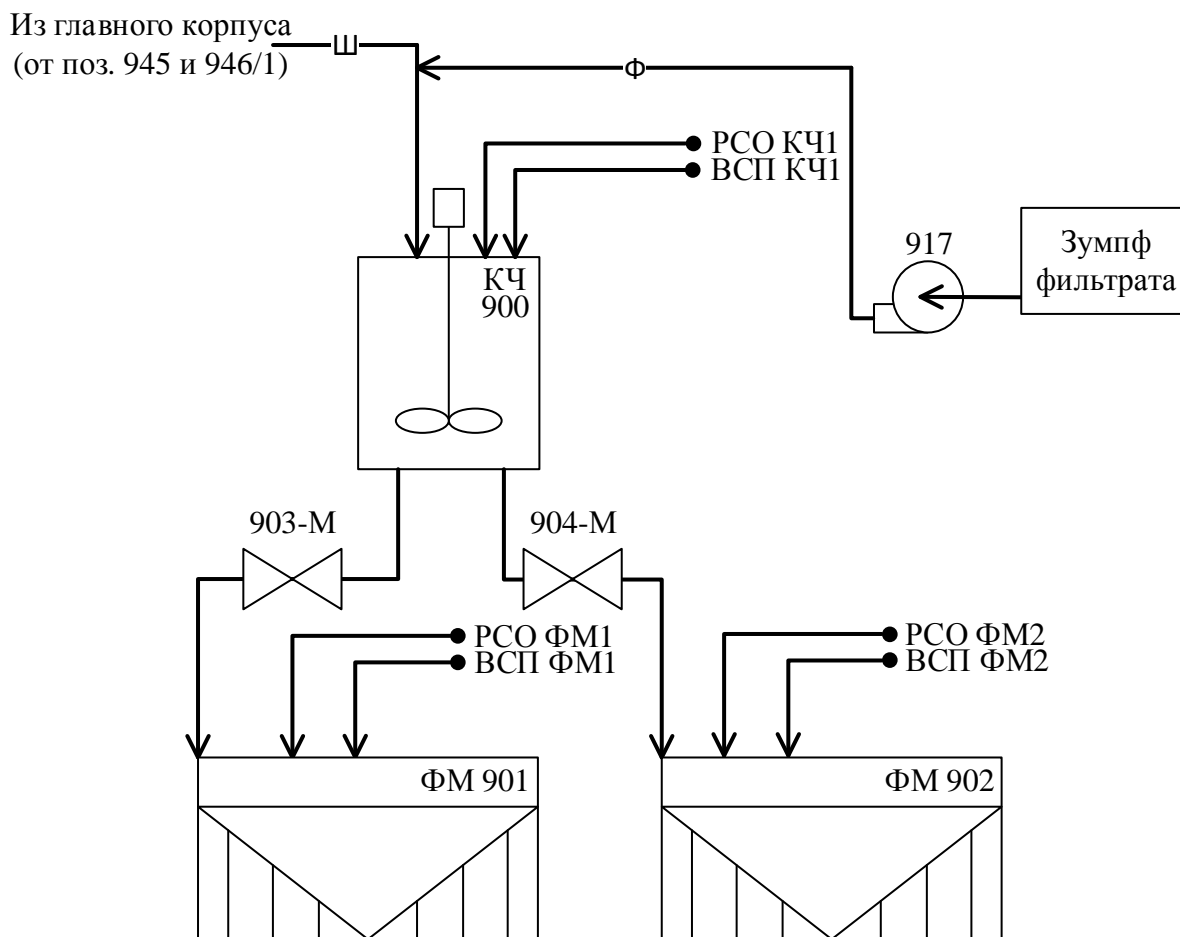
Флотация угольного шлама – это процесс, направленный на обогащение угля мелкой фракции. В основе данного процесса лежит избирательное прилипание взвешенных в воде угольных частиц к поверхности находящихся рядом воздушных пузырьков. Чаще всего применяется вид пенной флотации, механизм действия которого состоит в следующем: пульпа (смесь угольного шлама с водой) перемешивается, после чего оказывается во флотационной машине, в которой и осуществляется сам процесс флотации. Во флотомашине в пульпу попадает воздух, состоящий из крошечных пузырьков, диаметр которых не превышает двух миллиметров. Кроме этого, в пульпе оказывается флотационный реагент, присутствие которого не позволяет воздушным пузырькам разрушаться, попадая в пульпу. Угольные частицы, пройдя предварительную обработку реагентом, прилипают к воздушным пузырькам и в таком состоянии оказываются на поверхности пульпы, в последствии образуя пену с обогащенными частицами угольной породы [3]. Использование флотореагентов само по себе делает производство более дорогим, поэтому их необходимо дозировать с высокой точностью.

Существуют два подхода решения данной задачи: эмпирический (ручной) и автоматический. В первом случае оператор самостоятельно регулирует подаваемое количество фильтра флотореагентов. Качество исполнения данной работы напрямую зависит от опыта оператора, что делает данный метод простым в применении, но при этом на измерение показателей оказывается влияние человеческого фактора. Второй же метод предполагает использование систем автоматического управления (САУ, или САР – система автоматического регулирования) с применением конкретных режимов работы системы, что существенно повышает точность дозирования. Однако данный метод обладает и весомыми недостатками, в виде множественных входных возмущающих воздействий на систему, из-за которых режимы работы могут просто не удерживаться на заданных значениях. Следовательно, необходимо создание автоматизированной системы управления, компенсирующей входные возмущающие воздействия.

На обогатительной фабрике ООО СП «Барзасское товарищество» реализован объект флото-фильтровального отделения, схематично представленный на рисунках 1 и 2.

Из главного корпуса насосами 946/1 и 945 подается угольный шлам (Ш), смешанный с водой, после чего образовавшаяся пульпа попадает в контактный чан (КЧ) поз. 900, где происходит смешивание пульпы с подаваемыми флотореагентами: собирателем (поток РСО КЧ1) и вспенивателем (поток ВСП КЧ1) – системами дозирования флотореагентов (СДФР)

919/1 и 918/1 соответственно. Также СДФР подает флотореагенты в клапаны 3 и 5 флотомашин (ФМ). На рисунке 2 этому соответствуют обозначения, например, РСО ФМ1 К3, что означает поток реагента-собирателя в третий клапан флотомашины №1. Флотоконцентрат, полученный в КЧ, так же отправляется во флотомашин, где обогащенные частицы отделяются от пустой породы, или флотохвостов, которые отправляются обратно в главный корпус на радиальный сгуститель для повторного цикла процесса. Флотоконцентрат в виде пены поступает в бак смешивателя, в котором происходит смешивание с фильтратом (Ф), образованным дисковыми вакуум-фильтрами. После чего концентрат отправляется на фильтры, с помощью которых обогащенный продукт отделяется от фильтрата и отправляется в сушильно-топочное отделение по конвейеру. Сам же фильтрат поступает в зумпф (зумпф фильтрата на рисунке 1), из которого затем подается насосом 917 либо обратно в смешиватель, либо отправляется по замкнутому контуру в КЧ, либо отправляется в главный корпус в радиальные сгустители.



Обозначения:

Ш – угольный шлам; Ф – фильтрат;

КЧ – контактный чан; ФМ (ФМ1/ФМ2) – флотомашин (1-ая/2-ая);

РСО – поток реагента-собирателя; ВСП – поток реагента-вспенивателя;

Рисунок 1 – Схема флотации

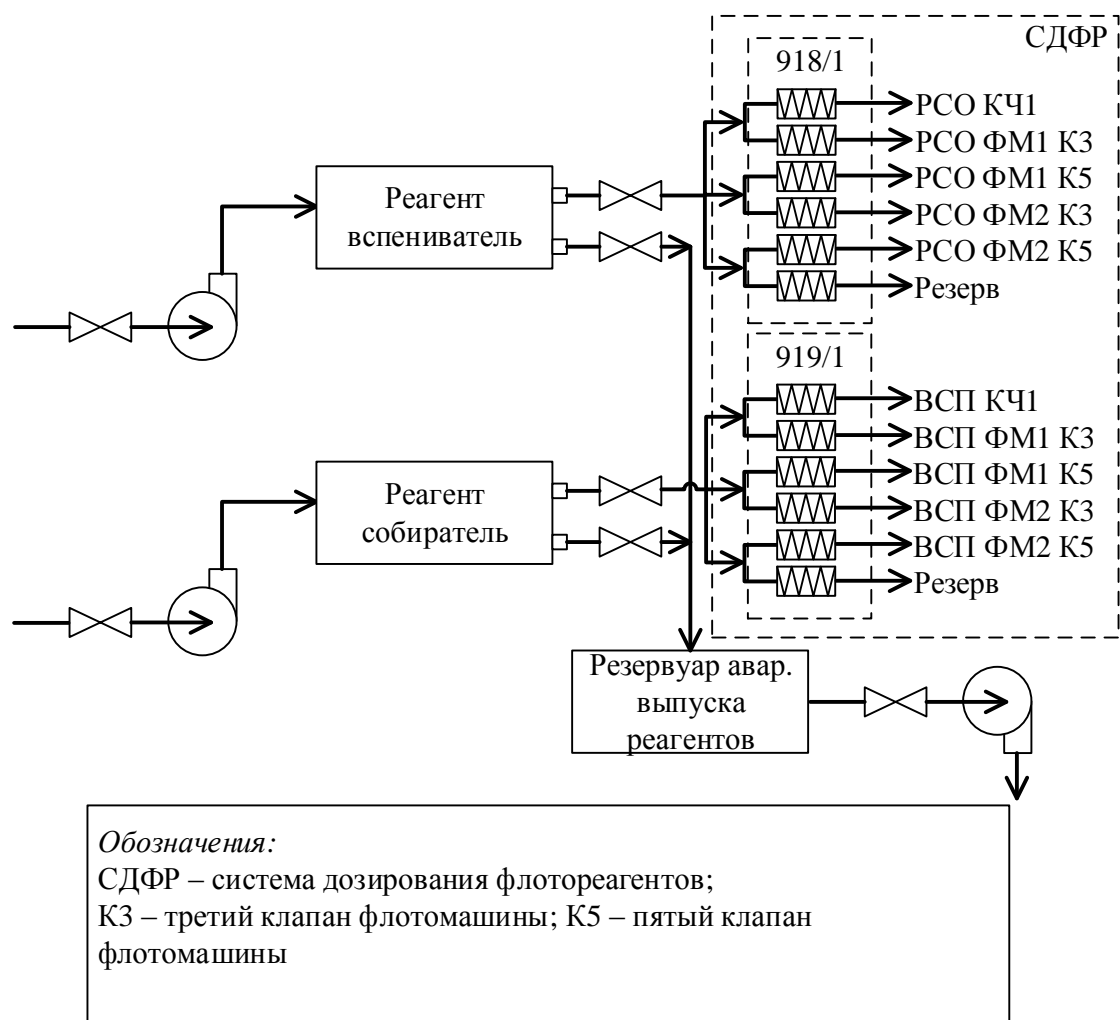


Рисунок 2 – Схема системы подготовки флотореагентов

Задача системы управления – поддерживать расход реагентов в зависимости от уставок оператора на отношение расходов реагента к массе твердого вещества в пульпе. Для этого непрерывно измеряются расход и плотность:

- 1) плотность продукции $P_L^{KЧ}(t)$, поступающей в контактный чан (КЧ), где t – время;
- 2) количество продукта $Q^{KЧ}(t)$, поступающего в КЧ, вычисляется исходя из заданной мощности насоса поз. 946/1;
- 3) количество фильтрата $Q^\Phi(t)$, поступающего от насоса (позиция 917), также рассчитывается по насоса;
- 4) сигнал J^Φ о поступлении фильтрата в КЧ;
- 5) расход продукта $Q_\Phi^1(t)$ из КЧ на первую флотомашину (ФМ1);
- 6) расход продукта $Q_\Phi^2(t)$ из КЧ на вторую флотомашину (ФМ2);
- 7) задание на соотношения реагентов, подаваемых в КЧ, ФМ1 и ФМ2

На собиратель:

$$y_C^{1*} = \frac{Q_{СКЧ}^1}{Q_C^1}; \quad (1)$$

$$y_C^{2*} = \frac{Q_{СКЧ}^2}{Q_C^2}. \quad (2)$$

На вспениватель:

$$y_B^{1*} = \frac{Q_{ВКЧ}^1}{Q_B^1}; \quad (3)$$

$$y_B^{2*} = \frac{Q_{ВКЧ}^2}{Q_B^2}. \quad (4)$$

где $Q_C^1, Q_C^2, Q_B^1, Q_B^2$ – общее количество реагентов собирателя и вспенивателя на ФМ1 и ФМ2; $Q_{СКЧ}^1, Q_{СКЧ}^2, Q_{ВКЧ}^1, Q_{ВКЧ}^2$ – количество собирателя и вспенивателя в КЧ при работе ФМ1 и ФМ2;

8) сигналы $J_{ФМ1}$ и $J_{ФМ2}$ о работе ФМ1 и ФМ2, физические аналоги которых представлены управляемыми задвижками 903-М и 904-М;

9) плотность фильтрата $P_{LФ}^{CP}$.

Структура объекта управления представлена на рисунке 3.

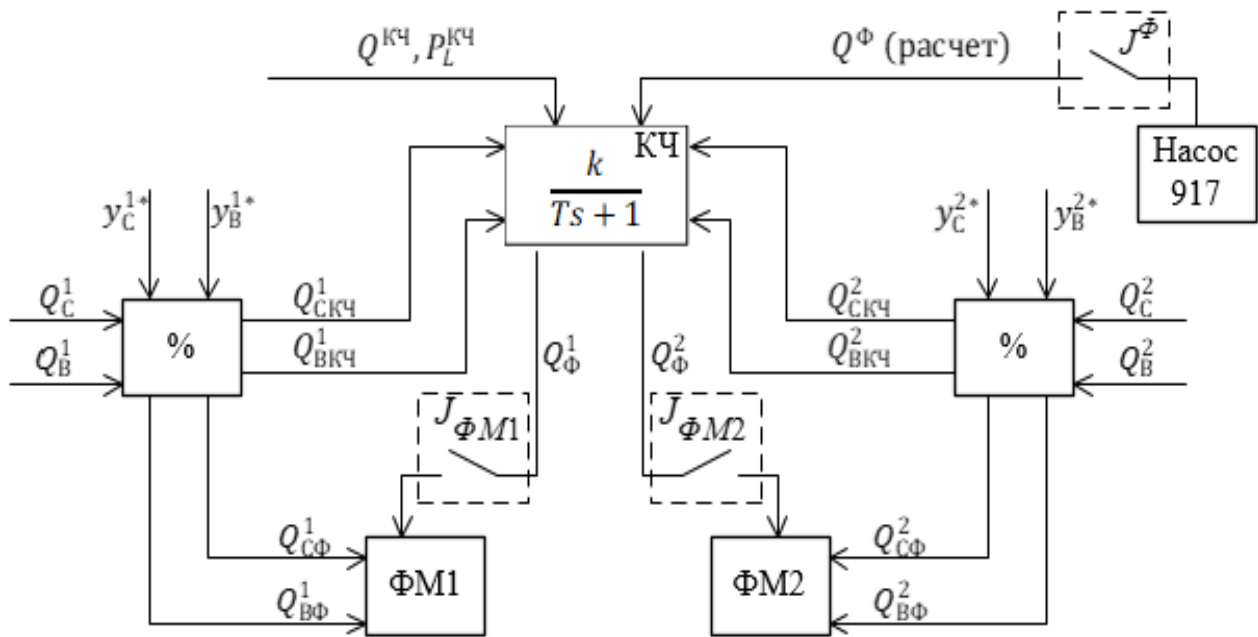


Рисунок 3 – Структура объекта управления системы дозирования

Алгоритм расчета дозации системы дозирования на расход флотореагентов

1. Для первой ФМ

а) для собирателя

$$Q_C^1(t) = k_C^1 * Q_{ТВФ}^1(t); \quad (5)$$

$$Q_{ТВФ}^1(t) = Q_Φ^1(t) * \hat{P}_L^{\Sigma KЧ}(t); \quad (6)$$

$$\hat{P}_L^{\Sigma KЧ}(t) = a_1 P_L^{\Sigma KЧ}(t) + a_2 P_L^{\Sigma KЧ}(t-1); \quad (7)$$

$$a_1 = \frac{T}{T+\Delta}; \quad a_2 = \frac{\Delta}{T+\Delta}; \quad (8)$$

$$P_L^{\Sigma K\Phi}(t) = \frac{P_L^{K\Phi}(t) * Q^{K\Phi}(t)}{Q^{K\Phi}(t) + Q^\Phi(t)} + \frac{P_L^\Phi(t) * Q^\Phi(t)}{Q^{K\Phi}(t) + Q^\Phi(t)}; \quad (9)$$

б) для вспенивателя

$$Q_B^1(t) = k_B^1 * Q_{TB\Phi}^1(t). \quad (10)$$

2. Для второй ФМ

а) для собирателя

$$Q_C^2(t) = k_C^2 * Q_{TB\Phi}^2(t); \quad (11)$$

$$Q_{TB\Phi}^2(t) = Q_\Phi^2(t) * \hat{P}_L^{\Sigma K\Phi}(t); \quad (12)$$

$$\hat{P}_L^{\Sigma K\Phi}(t) = a_1 P_L^{\Sigma K\Phi}(t) + a_2 P_L^{\Sigma K\Phi}(t-1); \quad (13)$$

$$a_1 = \frac{T}{T + \Delta}; \quad a_2 = \frac{\Delta}{T + \Delta}; \quad (14)$$

$$P_L^{\Sigma K\Phi}(t) = \frac{P_L^{K\Phi}(t) * Q^{K\Phi}(t)}{Q^{K\Phi}(t) + Q^\Phi(t)} + \frac{P_L^\Phi(t) * Q^\Phi(t)}{Q^{K\Phi}(t) + Q^\Phi(t)}; \quad (15)$$

б) для вспенивателя

$$Q_B^1(t) = k_B^1 * Q_{TB\Phi}^1(t). \quad (16)$$

Распределение реагентов между КЧ и ФМ

1. Для первой ФМ

$$Q_{CK\Phi}^1(t) = y_C^{1*} * Q_C^1(t); \quad (17)$$

$$Q_{C\Phi}^1(t) = (1 - y_C^{1*}) * Q_C^1(t); \quad (18)$$

$$Q_{BK\Phi}^1(t) = y_B^{1*} * Q_B^1(t); \quad (19)$$

$$Q_{B\Phi}^1(t) = (1 - y_B^{1*}) * Q_B^1(t). \quad (20)$$

2. Для второй ФМ

$$Q_{CK\Phi}^2(t) = y_C^{2*} * Q_C^2(t); \quad (21)$$

$$Q_{C\Phi}^2(t) = (1 - y_C^{2*}) * Q_C^2(t); \quad (22)$$

$$Q_{BK\Phi}^2(t) = y_B^{2*} * Q_B^2(t); \quad (23)$$

$$Q_{B\Phi}^2(t) = (1 - y_B^{2*}) * Q_B^2(t). \quad (24)$$

Проверка на ограничение

Q_C и Q_B на КЧ, ФМ1 и ФМ2

$$Q_C < Q_C^{ozp}, \quad Q_B < Q_B^{ozp}. \quad (25)$$

В ходе модернизации был реализован сам алгоритм. На рисунке 4 представлен всплывающий диагностический видеокادر, отображающийся при нажатии на комплекс СДФР (918/1 и 919/1) на главном видеокadre. В окне отображены элементы общего управления СДФР (выставление режима работы, изменение задания на подачу реагентов), информация о статусе работы агрегатов ФМ1, ФМ2 и КЧ, элементы управления и данные о текущих режимах работы группы насосов.

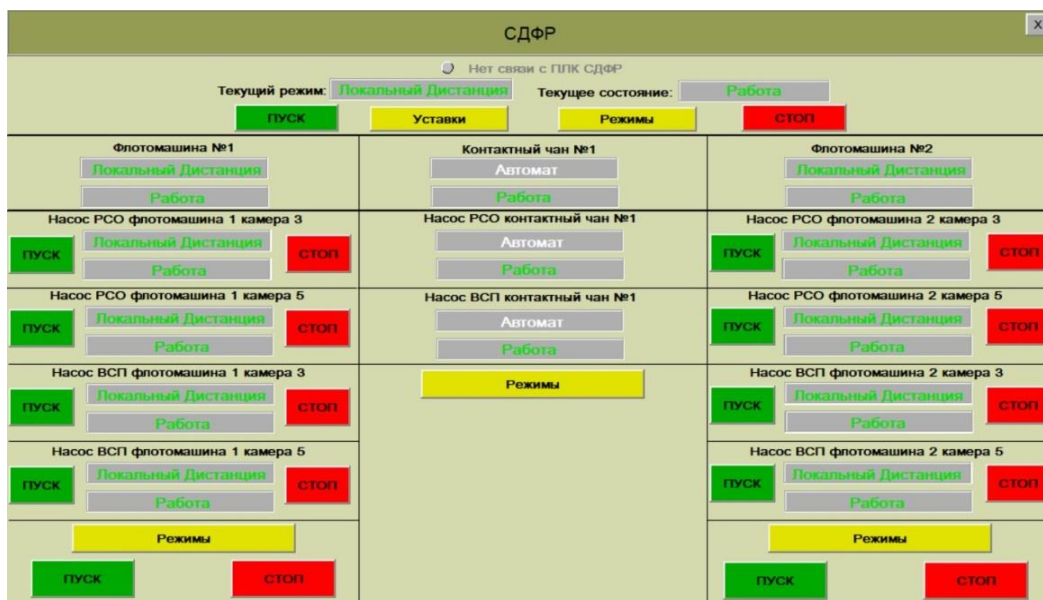


Рисунок 4 – Всплывающее диагностическое окно СДФР

При нажатии на область конкретного насоса появляется всплывающее диагностическое окно насоса флотореагента (рисунок 5). На нем располагается информация о состоянии и режиме работы насоса, поля для задания и отображения параметров и элементы управления агрегатом.

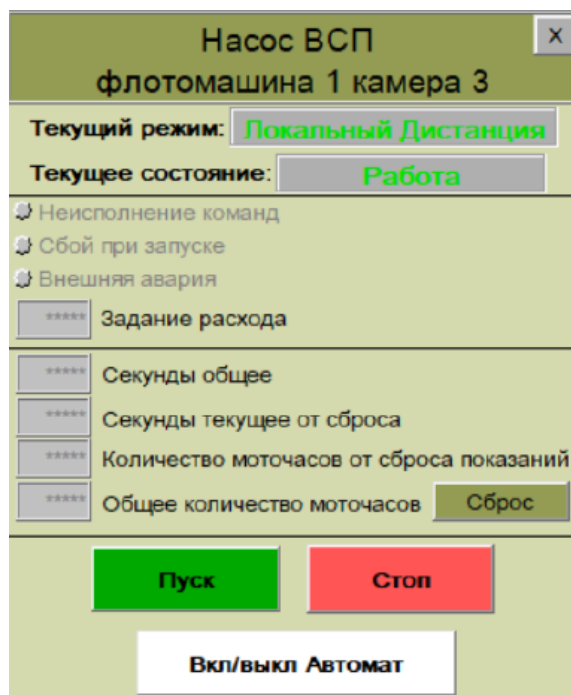


Рисунок 5 – Всплывающее диагностическое окно насоса реагента вспенивателя флотомашины 1 камеры 3

Представленная автоматизированная система предполагает реализацию не только управляющих функций, но и функции автоматизированного учета пульпы, твердого вещества в пульпе и количества затраченных реагентов для возможности оценить эффективность работы системы в целом.

Результаты исследования процесса, синтеза и настройки системы управления можно использовать в качестве типового решения [4] для других объектов с соблюдением их подобия [5].
Работа выполнена по Госзаданию Минобрнауки России №8.8611.2017/8.9.

Библиографический список

1. Ляховец М.В. Модернизация автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики в условиях технического перевооружения / Ляховец М.В., Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Шипунов М.В., Грачев В.В., Мелкозеров М.Ю. // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды XI Всероссийской научно-практической конференции. Сибирский государственный индустриальный университет: Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева, 2017. - С. 151-156.
2. Мышляев Л.П. Развитие автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики / Мышляев Л.П., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Венгер К.Г., Леонтьев И.А., Мелкозеров М.Ю. // В сборнике: Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2018. - № 4. – С. 316-323.
3. Богданов О.С., Поднек А.К., Янис Н.А., Максимов И.И. Теория и технология флотации руд. 2-е изд. - М.: Недра, 1990. - 363 с.
4. Саламатин А.С. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогатительных фабрик / Саламатин А.С., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Мышляев Л.П., Раскин М.В. // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2018. № 4. С. 330-333.
5. Мышляев Л.П. Развитие теории подобия для систем управления / Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Ивушкин К.А., Макаров Г.В. // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды XI Всероссийской научно-практической конференции. Сибирский государственный индустриальный университет; Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. 2017. С. 351-355.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВРАЩЕНИЯ ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА

Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Харенко В.Н., Зайцев Н.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

В настоящий момент в прокатном производстве металлургических заводов широкое применение нашли автоматизированные электроприводы вращения валков (главные приводы) по системе «Тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока» и типовыми системами подчиненного регулирования скорости [1].

В докладе проведен анализ режимов работы прокатного электродвигателя стана «900» рельсобалочного цеха с использованием типовой и усовершенствованной двухзонных систем подчиненного регулирования скорости вращения.

Прокатный двигатель имеет следующие номинальные параметры: мощность – 7100 кВт, напряжение якоря – 900 В, ток якоря – 8100 А, скорость - 80/120 об/мин, ток возбуждения – 360 А, коэффициент перегрузки по току (отключение) – 2,75.

В типовой схеме для изменения скорости до основной используются контуры регулирования тока якоря с ИП-регулятором и скорости с П-регулятором. Для регулирования скорости электродвигателя выше основной применяются контуры регулирования потока и ЭДС, где, соответственно, используются П-регулятор потока и И-регулятор ЭДС. Настройка регуляторов тока, скорости, ЭДС и потока (РТ и РС, РЭ и РП) выполнена по модульному оптимуму [2]. Достоинством приведенной системы является стандартная, достаточно простая (типовая) методика расчета параметров электропривода (регуляторов и датчиков), простота настройки контуров регулирования, когда вначале оптимизируется внутренний контур, а затем следующий в структуре, причем настройка контуров происходит независимо друг от друга, достаточно просто реализуется ограничение основных параметров регулирования.

Подчиненное последовательное регулирование координат позволяет обеспечить практически любые желаемые передаточные функции регуляторов на интегральных операционных усилителях или в цифровой форме [3, 4].

Недостатками типовых систем подчиненного регулирования являются следующие. При набросе нагрузки выходная величина регулятора скорости ограничивается на величину ошибки воспроизведения динамического тока, что приводит к недоиспользованию мощности электродвигателя при разгоне под нагрузкой и, соответственно, снижению производительности прокатной клетки. При работе в зоне ограничения на входе регулятора скорости накапливается значительная ошибка, которая при снижении статического момента уменьшается с некоторым запаздыванием. При этом привод на некоторое время становится неуправляемым. К недостаткам типовой схемы можно отнести также зависимое от ЭДС двигателя изменение потока для регулирования скорости во второй зоне. При работе с большими статическими моментами напряжение двигателя становится под ограничение, что приводит к недоиспользованию электропривода по мощности, а при малых статических нагрузках двигатель недоиспользуется по якорному напряжению.

Для устранения указанных недостатков предложен усовершенствованный электропривод, содержащий двухзонную систему регулирования скорости, где, в отличие от типовой системы, реализовано независимое от ЭДС управление потоком электродвигателя. Структурная схема усовершенствованной САУ представлена на рис. 1 и содержит двухконтурную систему подчиненного регулирования ЭДС до основной скорости электродвигателя и двухконтурную систему регулирования потока выше основной скорости. Система регулирования ЭДС содержит внутренний контур динамического тока, состоящий из пропорционально-интегрального регулятора РДТ и датчика динамического тока ДДТя, а также внешний контур регулирования ЭДС, состоящий из пропорционального регулятора РН2 и датчика ДЕ. Система регулирования потока электродвигателя содержит внутренний контур регулирования производной потока электродвигателя, состоящий из пропорционального регулятора РПП и датчика производной потока ДПП, а также внешний контур потока, состоящий из пропорционального регулятора потока РП и датчика потока ДП. Для ограничения максимального тока в схему введен узел токоограничения, содержащий датчик тока якоря двигателя ДТя и блок задержки DZ2 с уставкой токоограничения. В зоне работы электропривода ниже основной скорости сигнал токоограничения воздействует на регулятор динамического тока, а в зоне выше основной скорости – на вход регулятора потока РП. Для сохранения постоянства динамического тока в зоне регулирования выше основной скорости задающий сигнал на поток формируется в функции куба потока. С этой целью ограничение РП выполнено в блоке SD3 с регулируемым напряжением ограничения, поступающим от датчика куба потока ДКП. Для перехода из первой во вторую зоны регулирования и обратно используются электронные ключи К1, К2, КД, которые управляются устройствами сравнения УКТ и УКД [5, 6]. Производная потока электродвигателя рФ реализуется в датчике производной потока ДПП и определяется следующим образом:

$$p\Phi = U_{\text{овд}} - I_{\text{овд}} * I_{\text{овд}} \quad (1),$$

где $U_{\text{овд}}$ – напряжение на обмотке возбуждения двигателя (ОВД);

$I_{\text{овд}}$ - ток ОВД;

$I_{\text{овд}}$ – сопротивление обмотки.

Настройка параметров регуляторов и датчиков производится с использованием известных методов настройки систем подчиненного регулирования [2]. Особенностью настройки контура производной потока является следующее упрощение: так как изменение тока возбуждения $I_{\text{овд}}$ происходит значительно медленнее напряжения $U_{\text{овд}}$ вследствие большой индуктивности обмотки возбуждения, то обратной связью по току возбуждения в динамических режимах можно пренебречь. Таким образом, на практике производится настройка контура производной потока, как контура напряжения ОВД на модульный оптимум. Параметры токоограничения определялись с использованием программы «Матлаб-Симулинк».

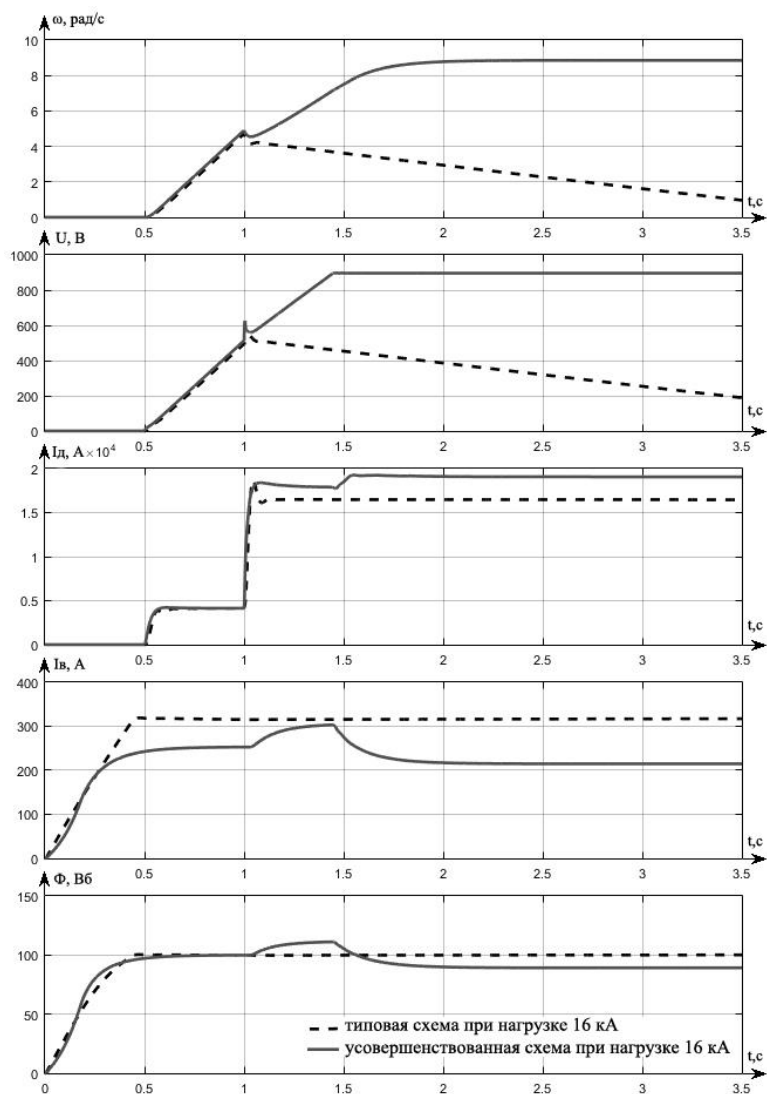


Рисунок 5 – Переходные процессы, полученные при моделировании работы электропривода с предельной нагрузкой

Из анализа осциллограмм переходных процессов, приведенных на рисунке 4 следует, что в момент захвата заготовки при токе нагрузки 12 кА в типовой схеме происходит снижение темпа нарастания скорости, что увеличивает время разгона двигателя (снижается производительность стана), в то время, как темп нарастания скорости усовершенствованной схемы не изменяется.

На рисунке 5 приведены параметры электроприводов при увеличении статической нагрузки до 16 кА. Темп нарастания скорости в усовершенствованной двухконтурной схеме снижается, так как ток якоря двигателя превышает уставку токоограничения, в то время, как типовая двухконтурная система с такой нагрузкой уже не справляется, о чём свидетельствует процесс торможения вплоть до остановки электродвигателя и его стоянки под током, что может привести в конечном итоге к аварийной ситуации.

Выводы

Анализ режимов работы электропривода с типовой и усовершенствованной системами подчиненного регулирования выявил следующие преимущества усовершенствованной системы:

- в усовершенствованной системе регулирования при набросе нагрузки, просадка скорости отсутствует вплоть до начала действия токоограничения;
- высокое качество токоограничения позволяет увеличить максимальный момент на валу электродвигателя.

– электродвигатель усовершенствованной системы полностью используется по якорному напряжению.

Опыт эксплуатации усовершенствованной САУ в обжимном, рельсобалочном и сортопрокатном цехах Кузметкомбината показал высокое качество переходных процессов и надежность работы.

Библиографический список

1. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 3-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с.

2. Расчет системы подчиненного регулирования электроприводом постоянного тока: Учеб. пособие / А.К. Мурышкин, С.А. Дружилов, Т.В. Богдановская – СибГИУ, Новокузнецк, 2007. – 55 с

3. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред В.М. Терехова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.

4. Гарнов В.К. Унифицированные системы автоуправления электроприводом в металлургии / В.К. Гарнов, В.Б. Рабинович, Л.М. Вишневецкий. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Металлургия, 1977. – 192 с.

5. Внедрение усовершенствованной системы управления главным приводом стана «1100» Кузнецкого металлургического комбината. Тезисы докл. Научно-технического совещания «Основные направления развития современных систем автоматизированного электропривода и вопросы эксплуатации и ремонта электрооборудования предприятий черной металлургии» / Кузнецов В.А. –Магнитогорск, 1983. – 35с.

6. Устройство для разделения режимов управления электродвигателем постоянного тока. Авторское свидетельство №972644 по заявке № 3304111 от 17.06.81 / Кузнецов В.А.

СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET CORE MVC

Болгов А.Е., Спирин Н.А., Лавров В.В., Гурин И.А.

*Уральский федеральный университет
имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

Одним из важнейших теплотехнических процессов, происходящих в металлургических агрегатах, является нагрев металла. Благодаря нагреву уменьшается сопротивление пластической деформации при обработке металлов давлением, что приводит повышению качества изготавливаемой металлопродукции и срока эксплуатации теплотехнического оборудования. Нагрев способствует изменению кристаллической структуры металла при термообработке и придает материалу требуемые свойства.

Эффективное управление процессом нагрева возможно при использовании математических моделей. Они дают возможность производить изучение теплотехнических процессов в металлургических агрегатах при минимальных затратах, поскольку эксперименты на действующих агрегатах, лабораторных стендах или физических установках приводят к дополнительным денежным расходам. Кроме этого, благодаря математическим моделям можно еще на этапе разработки проекта нового агрегата определить для него наилучшее конструктивное решение и выбрать оптимальные режимные параметры его работы [1].

Одной из главных проблем при создании систем управления нагревательными печами оказывается проблема получения объективной информации о температурных полях загото-

вок, которые требуется нагреть. Эпизодически получается осуществлять контроль только температуры поверхности металла, а температура внутренних точек по толщине недоступна для непосредственного измерения, она может быть определена только расчетным путем с помощью математической модели.

Разработка системы моделирования и идентификации параметров внешнего теплообмена в рабочем пространстве нагревательной печи целесообразна в связи со сложностью и высокой стоимостью проведения экспериментов на реальных агрегатах. Она решает задачу подбора параметров процесса, таких как степень черноты, коэффициента теплоотдачи и др., а также производит идентификацию параметров модели в темпе с процессом. Для агрегатов и объектов металлургии применяют параметрическую идентификацию, в связи с тем, что объект уже знаем, структура модели задана из физики процесса, что приводит «черный ящик» к «серому», а значит необходимо использовать идентификации в узком смысле, то есть параметрическую идентификацию [2]. Под параметрической идентификацией модели подразумевается процесс определения конкретных численных значений параметров модели в режиме нормальной эксплуатации объекта, т.е. без организации, как правило, специальных управляющих (пробных) воздействий.

Разработка структуры математической модели, численно реализуемой на компьютере, состоит из несколько этапов.

На первом этапе составляют физическую модель исследуемого процесса, описывающий его на уровне качественных физических представлений. Затем результаты этого анализа представляют в виде математической формулировки задачи, то есть в виде системы уравнений. При этом часто производят упрощение исходной сложной системы уравнений на основе обоснованных допущений о характере протекания процесса. Также в задачу входят начальные и граничные условия, а также геометрические и физические параметры задачи. На рисунке 1 изображена схема проходной нагревательной печи, имеющей m тепловых зон.

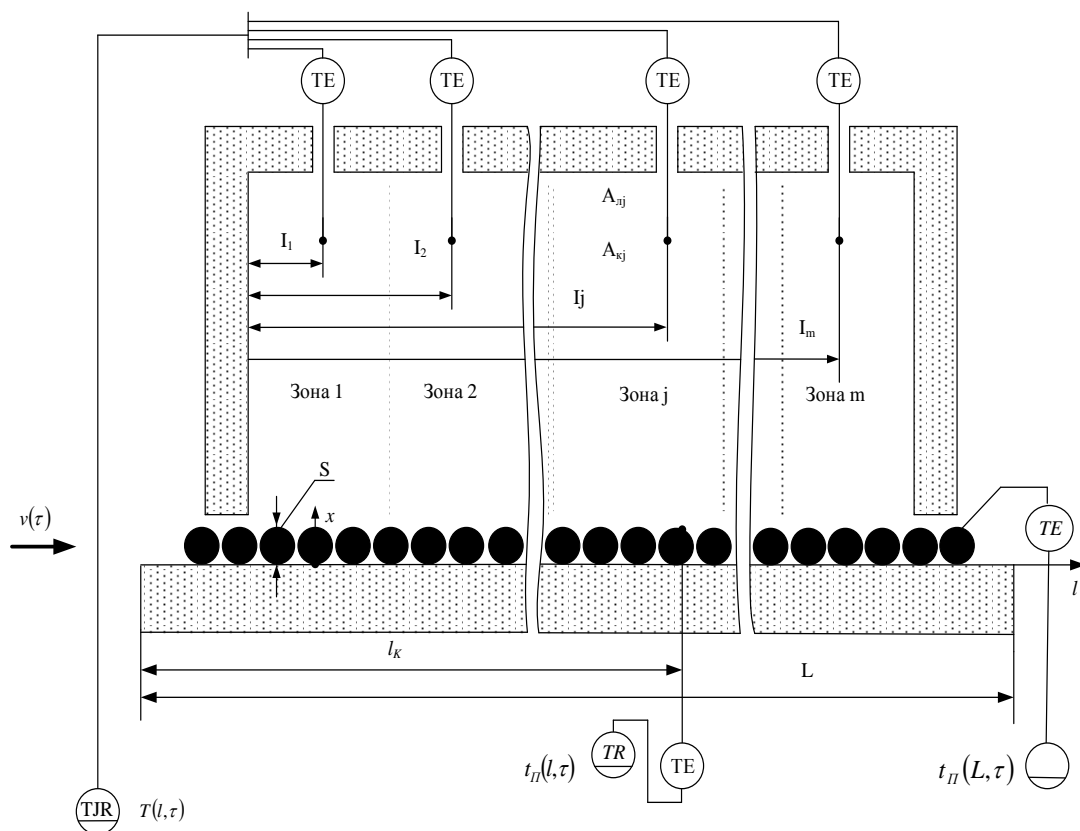


Рисунок 1 – Расчётная схема параметрической идентификации модели внешнего теплообмена в проходной нагревательной печи

Теплообмен в рабочем пространстве нагревательных печей осуществляется путём конвекции и излучения, тогда как перенос тепла в нагреваемом металле происходит за счёт теплопроводности. При этом процесс внутреннего теплообмена в нагреваемом материале удовлетворительно описывается математической моделью следующей структуры:

$$c\rho \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial \tau} + c\rho v_m(\tau) \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial l} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial x} \right), \quad (1)$$

при следующих начальных и граничных условиях:

$$t(x, l, \tau)|_{\tau=0} = t_0(x, l); \quad t(x, l, \tau)|_{l=0} = t_m(x, \tau); \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial x} \right|_{x=0} = 0; \quad 0 \leq l \leq L; \quad 0 \leq x \leq S; \quad 0 \leq \tau \leq \tau_k; \quad (3)$$

$$\left. \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial x} \right|_{x=S} = \sum_{i=1}^n A_i(l, \tau) \cdot f_i [T_i(l, \tau) - t(S, l, \tau)], \quad (4)$$

где c , ρ , λ – соответственно теплоёмкость единицы массы, плотность и коэффициент теплопроводности, зависящие в общем случае от температуры;

x – координата по толщине металла;

l – координата по длине печи;

τ – время;

S – расчётная толщина заготовки, т.е. $x=S$ для наблюдаемой поверхности заготовки;

$t_m(x, \tau)$ – заданная функция, характеризующая распределение температур по толщине металла, поступающего в печь;

$t_0(x, l)$ – функция, характеризующая начальные условия;

f_i – некоторые функции, описывающие внешний теплообмен, вид которых определяется на этапе структурного синтеза моделей внешнего теплообмена;

$T_i(l, \tau)$ – температура теплообменивающихся с металлом элементов печи; $i = 1, 2, \dots, n$ (n – число элементов печи, теплообменивающихся с металлом). В качестве $T_i(l, \tau)$ могут выступать, например, температуры газов, свода, стен и т.п.

Расчёт температуры металла $t(x, y, \tau)$ по модели (1) – (4) обеспечивает достаточную для практических целей точность, если удовлетворительно определены значения параметров внешнего теплообмена $A_i(l, \tau)$, а также имеются технические возможности непрерывного контроля температур всех теплообменивающихся с металлом элементов печи $T_i(l, \tau)$.

В реальных условиях измеряется, как правило, только некоторая усреднённая (фиктивная) температура в рабочем пространстве отдельных зон печи $T(l, \tau)$, т.е. $n=1$. Именно такой случай и соответствует рассматриваемой постановке (рисунок 1). Тогда структура идентифицируемой модели внешнего теплообмена может быть представлена в различной форме:

– конвективной

$$\lambda \cdot \left. \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial x} \right|_{x=S} = \sum_{i=1}^n A_k(l, \tau) [T_i(l, \tau) - t(S, l, \tau)]; \quad (5)$$

– лучистой

$$\lambda \cdot \left. \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial x} \right|_{x=S} = \sum_{i=1}^n A_l(l, \tau) \cdot C_0 \left[\left(\frac{T(l, \tau) + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t(S, l, \tau) + 273}{100} \right)^4 \right]; \quad (6)$$

– комбинированной

$$\lambda \cdot \left. \frac{\partial t(x, l, \tau)}{\partial x} \right|_{x=S} = A_k(l, \tau) [T_i(l, \tau) - t(S, l, \tau)] +$$

$$+A_{\kappa}(l, \tau) \cdot C_0 \left[\left(\frac{T(l, \tau) + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t(S, l, \tau) + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (7)$$

где $A_{\kappa}(l, \tau)$ – параметр идентификации конвективного теплообмена, имеющий размерность коэффициента теплоотдачи (эффективный коэффициент конвективного теплообмена);

$A_{\lambda}(l, \tau)$ – параметр идентификации лучистого теплообмена, имеющий размерность степени черноты;

C_0 – коэффициент излучения абсолютного тела.

Известно, что при нагреве металла в проходных печах параметры внешнего теплообмена представляются в виде кусочно-постоянных функций по длине печи, т.е. A_{κ} и A_{λ} могут существенно изменяться при переходе от одного участка (зоны) к другому, поэтому значения этих параметров следует определять для каждого участка, в пределах которого значения A_{κ} и A_{λ} можно считать постоянными. Обозначим через $A_{\kappa j}$ и $A_{\lambda j}$ параметры внешнего теплообмена в j -й тепловой зоне печи, в которой установлены датчики температуры.

Представляет практический интерес алгоритм решения задачи идентификации для такой постановки, когда известны результаты измерений температуры поверхности металла в отдельных точках по длине печи ($l=l_{\kappa}$) в i -е моменты времени – $t_n(l_{\kappa}, \tau_i)$ или, как частный случай, – температура поверхности металла на выходе из печи $t_n(L, \tau_i)$. Такая постановка задачи соответствует практическим условиям получения экспериментальных данных для идентификации в проходных печах, когда температура поверхности металла измеряется в отдельных точках с помощью, например, контактных термопар, вводимых в рабочее пространство печи через смотровые окна, либо с помощью специальных пирометрических измерений.

Таким образом, исходными данными для идентификации являются структура уравнения модели S_i (1) – (7); измеряемые выходы, в том числе результаты контроля температуры поверхности металла в отдельных точках по длине печи $t_n(l_{\kappa}, \tau_i)$; измеряемые входы, в частности показания приборов, фиксирующих температуру в отдельных зонах печи $T(l_j, \tau_i)$. Параметрами идентификации являются коэффициенты внешнего теплообмена $A_{\kappa j}$, $A_{\lambda j}$. В итоге требуется определить такие значения параметров теплообмена для j -й зоны $A_{\kappa j}$, $A_{\lambda j}$, при которых в идеале рассчитанная температура поверхности металла в i -й момент времени $t(S, l_{\kappa}, \tau_i)$ совпала бы с измеренным значением температуры поверхности металла $t_n(l_{\kappa}, \tau_i)$:

$$t(S, l_{\kappa}, \tau_i) = t_n(l_{\kappa}, \tau_i). \quad (8)$$

Однако чаще всего абсолютно точного совпадения на этапе идентификации добиться не удаётся, поэтому в качестве критерия идентификации используют абсолютное значение или квадрат невязки, которые должны стремиться к нулю:

$$Z = |t(S, l_{\kappa}, \tau_i) - t_n(l_{\kappa}, \tau_i)| \rightarrow \min_{A_{\kappa j}, A_{\lambda j}}, \quad (9)$$

$$Z = [t(S, l_{\kappa}, \tau_i) - t_n(l_{\kappa}, \tau_i)]^2 \rightarrow \min_{A_{\kappa j}, A_{\lambda j}}.$$

(10)

На втором этапе при решении задач параметрической идентификации необходимо решать совместные задачи интегрирования уравнения (1) с граничными условиями (2) – (7) и оптимизации (9), (10) с использованием численных методов. В том случае, если система оказывается нелинейной, используют какой-либо итерационный метод, например, метод последовательных приближений, реализуемый в программе в виде цикла [3].

Для компьютерной реализации системы использованы объектно-ориентированный язык программирования C# и библиотека Microsoft Solver Foundation – библиотека для математического программирования, моделирования и оптимизации [4]. Входные параметры для проведения расчетов представлены на рисунке 2.

Исходные данные

Число теплофизических зон	<input type="text" value="5"/>
Толщина нагреваемого металла, м	<input type="text" value="0.08"/>
Шаг расчета по толщине металла, м	<input type="text" value="0.016"/>
Шаг расчета по длине, м	<input type="text" value="1"/>
Скорость перемещения в печи, м/с	<input type="text" value="0.1"/>
Начальная температура металла, °C	<input type="text" value="600"/>

Рисунок 2 – Исходные данные варианта расчета

Дополнительно необходимо задать ключевые параметры по каждой зоне печи (рисунок 3). Пользователь задает длину зоны, температуру газов в рабочем пространстве зоны, степень черноты и действительное значение коэффициента теплоотдачи.

Параметры зон в печи

Параметр	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона 4	Зона 5
Длина теплотехнической зоны, м	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="3"/>
Температура греющих газов, °C	<input type="text" value="1427"/>	<input type="text" value="1427"/>	<input type="text" value="1427"/>	<input type="text" value="1427"/>	<input type="text" value="1427"/>
Действительное значение α , Вт/(м ² ·К)	<input type="text" value="346"/>	<input type="text" value="352.5"/>	<input type="text" value="368.4"/>	<input type="text" value="435.6"/>	<input type="text" value="400"/>
Степень черноты ϵ , Вт/(м ² ·К ⁴)	<input type="text" value="0.488"/>	<input type="text" value="0.5039"/>	<input type="text" value="0.5022"/>	<input type="text" value="0.557"/>	<input type="text" value="0.6"/>

Рисунок 3 – Технологические параметры каждой зоны в печи

Результат моделирования процесса нагрева заготовки отображается пользователю в виде таблиц с расчетами на каждом шаге расчета, а также в виде графика для более информативного представления информации (рисунок 4).

Результаты идентификации процесса нагрева металла показаны на рисунке 5. С помощью программы происходит расчет температуры в зоне по заданным параметрам, а оптимальность расчетов вычисляется путем вычисления модуля разности полученной и измеренной в данной зоне температуры.

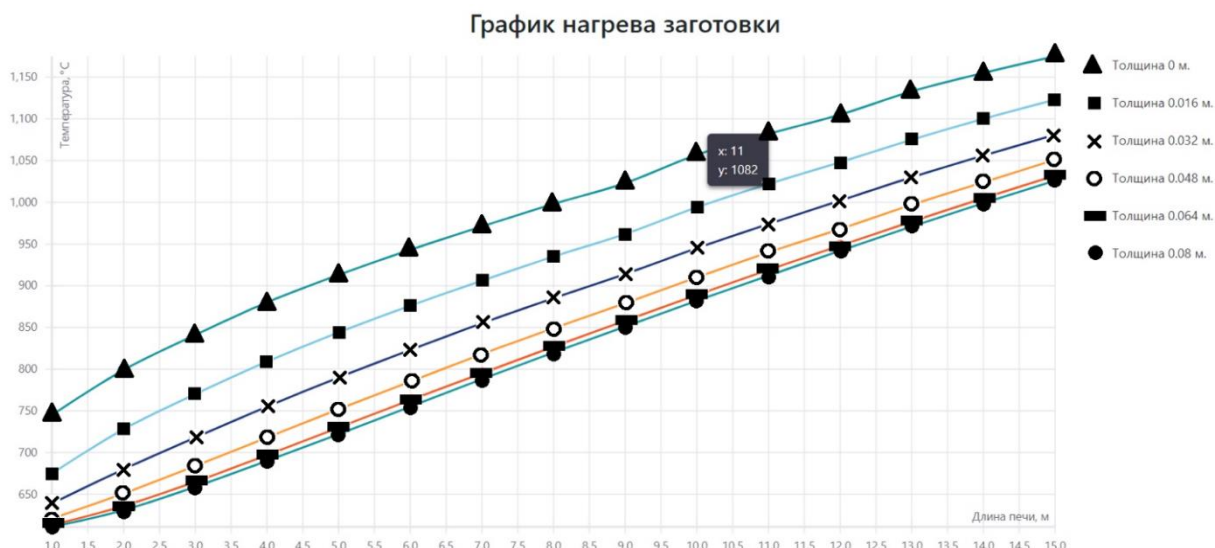


Рисунок 4 – Графическое отображение результатов расчетов

Результат идентификации

Параметр	Значение
Теплотехническая зона	4
Значение расчетное	0.557
Температура поверхности в расчетной зоне	1105
Измеренное значение температуры в зоне	1100
Значение критерия оптимальности	5

Рисунок 5 – Фрагмент численных результатов идентификации процесса нагрева

Разработанная система производит расчет температуры нагрева металла по толщине заготовки, а также идентификацию параметров внешнего теплообмена в отдельных точках при различных видах граничных условий: при конвекции или излучении. Полученные результаты отображаются пользователю в численном и графическом виде.

Библиографический список

1. Арутюнов В.А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей / В.А. Арутюнов, В.В. Бухмиров, С.А. Крупенников. – М.: Metallurgy, 1990. – 239 с.
2. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев [и др.]; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с.
3. Спирин Н.А. Информационные системы в металлургии: учебник для вузов / Н.А. Спирин, Ю.В. Ипатов, В.И. Лобанов [и др.]; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ. 2001. – 617 с.
4. Троелсен Э. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4.0. Совершите увлекательное путешествие по вселенной .NET. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1392 с.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, СТОЙКИХ К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ

Веревкин В.И., Веревкин С.В., Зельцер С.Р.

*Калининградский государственный технический университет,
г. Калининград, Россия*

Наиболее разрушительной формой коррозии металлоконструкций является электрохимическая (ЭХК). Максимальное разрушение металлоконструкций в присутствии электропроводных жидких сред наблюдается в области сварных швов. Причем скорость ЭХК сварных швов в 5-15 раз выше общей ЭХК металлоконструкции в условиях морской среды!

Основной причиной чрезвычайно высокой скорости ЭХК сварных швов в условиях высокоэлектропроводных жидких сред является необычно высокий уровень электрических напряжений, возникающих по границе сварного шва с околошовной зоной. Главная причина этого явления состоит в том, что образуемые в металлоконструкции сварные швы соединяют металлы различных химических составов. Процесс коррозии многократно усиливается при погружении такого соединения в электропроводную среду, например, в морскую воду. Так в ходе эксплуатации обшивки стальных корпусов судов сварные соединения интенсивно разрушаются, особенно в условиях повышенной разности температур снаружи и внутри корпуса судна. Последнее связано с созданием в сварных соединениях

термопар. Согласно эффекту Зеебека между сваренными заготовками возникают термоэлектродвижущие силы (ТЭДС). В результате скорость электрохимической коррозии сварных швов обшивок судов чрезвычайно высока – достигает 1,0-3,0 мм/год [1, С. 211], в то время как скорость коррозии самих заготовок наружной обшивки в подводной части корпуса судна много ниже, и не превышает 0,19 мм/год [1, С. 211].

Главная трудность защиты сварных соединений от ЭХК состоит в бесполезности применения для этих целей традиционных общесберегающих мер торможения коррозии всей металлоконструкции. Катодная, протекторная защита, как инструменты снижения общего фона напряжения, не приемлемы из-за локальности причины ЭХК в сварном шве. Для снижения скорости ЭХК металлоконструкции нужно убрать, демпфировать определяющий эту скорость коррозии локальный перепад напряжения на границе шва. Тут нужны не общесберегающие меры торможения коррозии всей металлоконструкции, а предметно направленные избирательные дифференциальные средства воздействия на узкие локальные зоны контакта сварного шва с околосшовной зоной.

Изолирующая защита с помощью лакокрасочных покрытий (прежде всего – суриком) универсальна. Она дает эффект при защите одновременно всех элементов металлоконструкции, включая и защиту расположенных на ней сварных соединений. Однако используемые для этой цели лакокрасочные средства изолирующей защиты достаточно быстро выходят из строя и поэтому требуют периодического восстановления. В результате защита оказывается затратной, для реализации требует использования дорогостоящего оборудования (включая сухие доки), а ремонт обшивки судна оказывается продолжителен, вызывая непроизводительный простоя судна.

Нами установлено, что основное влияние на формируемое напряжение сварной металлоконструкции оказывают раскислители [2]. Среди раскислителей основное влияние на ЭХК оказывает кремний. Далее с большим отрывом следует углерод, алюминий и марганец. Понижение содержания кремния в одном из электродов ниже 0,25 %, при наличии высокого перепада содержания кремния между электродами, приводит к резкому возрастанию скорости ЭХК.

Показано, что на потенциал образующихся в металлоконструкции термопар большое влияние оказывает межэлектродная разность температур [2]. При небольшом увеличении перепада температур термопары из кремнийсодержащих сталей (от 10 °С до 20 °С) формируемая разность потенциалов с небольших положительных значений снижается почти до нуля. При дальнейшем росте перепада температур разность потенциалов меняет знак и резко увеличивается.

В работе [3] отмечается, что повышение растворимости кремния в феррите при высоких температурах имеет важное практическое значение, поскольку коррозионная стойкость высококремнистого феррита повышается по мере увеличения содержания кремния, что подтверждено нашими измерениями.

Как известно, черные металлы подвергаются химической и, особенно, электрохимической коррозии особенно интенсивно. В том числе из-за этого ЕС повсеместно переходит на использование более стойких низколегированных сталей. Подобный переход в нашей стране только предстоит. По причине коррозии, прежде всего, сварных соединений в России ежегодно теряется до 20% объема металлоконструкций!

Важный момент: большинство черных металлов имеет содержание кремния ниже предельно рекомендуемых значений: обычно – менее 0,3 %. В свете вышесказанного это однозначно порождает повышенную склонность дешевого, рядового металла к ЭХК. Недоучет склонности рядового металла к ЭХК ведет к колоссальным потерям, особенно в отраслях, связанных с использованием сварных металлоконструкций в высокоэлектропроводных средах. Например, обшивок судов в морской воде. Дешевизна рядовых сталей оказывается основной причиной их столь широкого использования на этапе строительства судов. Потери же на втором этапе – эксплуатации этих судов – как правило, отодвигаются на второй план.

Рекомендации по управлению локальной защитой сварных соединений металлоконструкций от ЭХК приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Локальная защита сварных соединений от ЭХК

Технол. ситуация в сварном соединении	Признаки технол. ситуации			ТЭДС (мкВ), скорость ЭХК, (мм/год)	Рекомендации по управлению состоянием сварного соединения
	Перепад содержания кремния в электродах	Кремний в низкокремнистом электроде	Перепад температуры		
Базовая	$\leq 0,5 \%$ «←»	$\geq 0,25 \%$ «+»	$\leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «←»	5-23, 0,18-0,23	Доп. локальных мер по защите от ЭХК не требуется
Тревожная	$> 0,5 \%$ «+»	$\geq 0,25 \%$ «+»	$\leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «←»	13-36, 0,3-0,45	Равномерное распределение кремния
Опасная	$> 0,5 \%$ «+»	$< 0,25 \%$ «←»	$\leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «←»	60-160, 0,8-2	Равномерное распределение кремния
Опасная	$\leq 0,5 \%$ «←»	$< 0,25 \%$ «←»	$\leq 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «←»	45-150, 0,5-1,9	Равномерное распределение кремния
Опасная	$\leq 0,5 \%$ «←»	$\geq 0,25 \%$ «+»	$30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «+»	50-140, 0,6-1,7	Шунтирование
Опасная	$> 0,5 \%$ «+»	$\geq 0,25 \%$ «+»	$30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «+»	55-160, 0,7-2	Шунтирование
Очень опасная	$> 0,5 \%$ «+»	$< 0,25 \%$ «←»	$30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «+»	90-200, 2,2-3,2	Равномерное распределение кремния и эффект. шунтирование
Очень опасная	$\leq 0,5 \%$ «←»	$< 0,25 \%$ «←»	$30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ «+»	80-190, 2-2,8	Равномерное распределение кремния и эффект. шунтирование

Предложено:

– повышать стойкость к коррозии судовых металлоконструкций, прежде всего, путем регламентирования химического состава свариваемых деталей и узлов (прежде всего – раскислителей), а также состава сварочных материалов таким образом, чтобы разность химического состава по границам каждого сварного шва была минимальной;

– при наличии высокого перепада содержания кремния между электродами – избегать понижения содержания кремния в одном из электродов ниже 0,25 %;

– рост ТЭДС в образованных в сварных швах термопарах, вызываемых увеличением перепада температуры между электродами термопар, дополнительно снижать за счет шунтирования токов, протекающих через границы сварных швов, высокоэлектропроводными покрытиями (например, плёнками меди).

В качестве конкретных управлений по ситуациям 2-8, представленным в таблице 1, рекомендуются:

1) Выравнивание (регламентация) содержания кремния по сварному шву. В связи с низким кремнием в одной из деталей, понижать содержание в другой детали и в самом шве.

2) Широкая разделка сварного соединения. Плавный переход состава сварного шва от состава, близкого к материалу одной детали к составу материала второй детали. Исключение сварки в узкую разделку, электронно-лучевой сварки и т.п. Широкая разделка снижает возможность перемешивания, а значит, – и усреднения металла шва. Градиент потенциала в шве стабилизируется по всей ширине шва! Недостатки: расход электрода в широкую разделку большой. Кроме того, с учетом угара составляющих, от валика валику электрод меняется. Это приводит к дополнительным технологическим остановкам процесса на замену электро-

дов. Для снижения перемешивания диаметр электрода уменьшается. Ток, связанный с диаметром электрода, также становится меньше. За счет снижения тока производительность процесса сварки значительно падает. Способ рекомендуется для ручной и механизированной дуговой сварки тонких деталей толщиной до 15 мм.

3) Двухсторонней сварка с двухсторонней широкой разделкой кромок. Здесь имеется хитрость: за счет широкой разделки объем электродного металла растет, но за счет использования двухсторонней разделки падает. Т.е., расход электрода меняется мало. Широкая разделка снижает возможность перемешивания, а значит, – и усреднения металла шва. Недостатки: переход на двухстороннюю разделку кромок приводит к необходимости кантовки изделия, что усложняет производство металлоконструкции. Кроме того, с учетом угара составляющих, от валика валику электрод меняется. Это приводит к дополнительным технологическим остановкам процесса на замену электродов. Для снижения перемешивания диаметр электрода уменьшается. Ток, связанный с диаметром электрода, также становится меньше. За счет снижения тока производительность процесса сварки значительно падает. Способ рекомендуется для ручной и механизированной дуговой сварки деталей толщиной до 30 мм.

4) Применение прямой полярности тока. Больше тепла выделяется на изделии, но электрод плавится медленнее, дуга горит менее интенсивно. Перемешивание меньше. Барбтаж падает. Градиент кремния полнее стабилизируется по всей ширине шва.

5) Двух- и трёхэлектродная сварка на остающейся подкладке (чтобы избежать большого перемешивания при формировании корня шва) с последовательной сдвижкой электродов по направлению сварки. Сварка расщеплённым электродом. Состав электродов: один ближе к одной детали, второй – к другой детали, третий – средний между ними. Градиент кремния по ширине шва стабилизируется полнее. Производительность выше, чем при сварке одним электродом.

6) Геометрическое разбивание одного сварного соединения на несколько последовательных, состоящих из промежуточных по составу сварных швов.

7) Шунтирование 1 – покрытие сварного соединения и околошовной зоны высокоэлектропроводной плёнкой с обратной стороны шва. Недостаток: наименее защищенными оказываются участки сварного шва, непосредственно контактирующие с жидкой средой и, таким образом, подверженные наибольшему разрушению.

8) Шунтирование 2 – дополнительное покрытие сварного соединения и околошовной зоны высокоэлектропроводной плёнкой с наружной стороны шва с химически пассивным составом, например, медью.

Указанные каналы управления даны в порядке убывания эффективности их использования.

Какая часть сварного соединения преимущественно разъедается – шов или околошовная зона (ОШЗ)? Это зависит от того, в каком материале кремния больше: в шве или в детали. Там, где кремния больше образуется минус, где меньше – плюс. Разрушается материал под отрицательным потенциалом, т.е., с большим содержанием кремния. Однако, поскольку от второго электрода образованной сварным соединением термодпары также зависит создаваемое напряжение, то чем меньше кремния во втором электроде, тем напряжение выше, тем склонность к ЭХК первого электрода будет выше.

Так при механизированной сварке в качестве материала сварочного электрода часто используют проволоку Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70, содержащую: С – 0,05-0,11 %, Si – 0,70-0,95 %, Mn – 1,80-2,10 %, Cr < 0,20 %, Ni < 0.025 %. При сварке в CO₂ на обратной полярности широко распространенной низкоуглеродистой конструкционной стали ВстЗсп, по ГОСТ 380-71, содержащей: С – 0,14-0,22 %, Si – 0,12-0,3 %, Mn – 0,4-0,65 %, Ni < 0,3 %, Cr < 0,3 %, содержание кремния в самом сварном шве будет лежать в пределах от 0,57 до 0,80 %. При этом потенциал сварного шва оказывается менее положительным, чем потенциал основного металла. Иначе говоря, на границе «сварной шов-околошовная зона (ОШЗ) будет приложено напряжение: минус – ко шву, плюс – к ОШЗ. В этом случае в электропроводной морской воде разрушается сам сварной шов. Величина ТЭДС, формируемой между швом и ОШЗ, при Δt = 20 °С составляет 60-160 мкВ, а при Δt = 30 °С 90-200 мкВ. Ожидаемая скорость разруше-

ния материала сварного шва вследствие ЭХК очень большая: при $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ составляет 0,8-2 мм/год, а при $\Delta t = 30^\circ \text{C}$ 2,2-3,2 мм/год.

Поскольку сварной шов соединяет детали между собой, то подобных границ с ОШЗ будет, как минимум, две.

Второй пример. Сталь 09Г2 содержит кремния 0,17-0,37 %. Если сталь варится проволокой Св-08ГА с 0,06% кремния, то плюс прикладывается ко шву, минус – к ОШЗ. В электропроводной морской воде разрушается ОШЗ. Величина ТЭДС при $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ составляет 70-180 мкВ, а при $\Delta t = 30^\circ \text{C}$ 115-300 мкВ. Ожидаемая скорость разрушения сварного соединения вследствие ЭХК при $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ составляет 1,9-2,7 мм/год, а при $\Delta t = 30^\circ \text{C}$ 2,4-3,5 мм/год.

Для создания эффективных средств защиты сварных соединений от ЭХЗ металлоконструкций, контактирующих с высокоэлектропроводными средами, следует учитывать специфику подобных систем защиты:

1). Процесс управления защитой носит упреждающий, а оценка состояния сварных соединений в результате реализованных управлений – отложенный характер. Эффект проявляется по истечении длительного периода эксплуатации сварной металлоконструкции.

2). Подавляющее большинство рядовых сталей имеют в своем составе $\text{Si} \leq 0,25\%$. В этом случае один из электродов гарантированно будет иметь очень высокий потенциал в образующемся сварном шве. Таким образом, исходные условия создания сварного соединения по склонности к ЭХК следует оценить, как неблагоприятные.

3). Состав мероприятий по защите от ЭХК должны быть таковы, чтобы обеспечить гарантированную окупаемость вложений.

4). По каждому сварному соединению одновременно может использоваться несколько из указанных выше способов.

Системный подход к защите сварных швов от ЭХК проявляется:

– Во взаимосвязи и непротиворечивости операций по постановке защиты: создание локальной защиты сварного соединения во взаимоувязке с общей защитой металлоконструкции.

– Во взаимосвязи критериев защиты сварных швов с общесистемными критериями защиты всей металлоконструкции.

– В учёте нелинейностей поведения ТЭДС образующихся в сварных швах термодинамических пар от внешних условий для обоснованного выбора способов защиты металлоконструкции.

– В демпфировании процессов взаимного усиления негативных проявлений коррозии от разных источников ЭХК.

– В адаптации локальных систем защиты сварных швов от ЭХК по результатам пробных и предыдущих сварок.

Отдельно следует остановиться на широко распространенной практике применения катодной защиты на судне в различных танках для хранения воды. Практика показывает, что в танках имеет место катастрофически быстрое разрушение сварных швов, поскольку расходимые катоды осуществляют лишь общую защиту металлоконструкций. Защиту сварных швов таким образом эффективно произвести невозможно!

Для успешного создания и реализации системы управления защитой сварных соединений металлоконструкций от ЭХК необходимо выполнение другого важного условия – наличия адекватного информационного обеспечения.

Требуется организация подробного и регулярного потенциометрического контроля объекта защиты (кроме самих сварных швов – областей катодной и анодной защиты, мест проявления локальных электромагнитных наводок, генераторов электрических сигналов вследствие высокоскоростного набегания, обтекания водой скульптурных и зигзагообразных элементов конструкции, резкой смены направления морской волны). По результатам регулярных измерений ТЭДС по границам сварных швов – требуется организация постановки усиливающей и корректирующей дополнительной защиты сварных соединений от ЭХК.

Библиографический список

1. Андреев, Н.Т. Ремонт судов [Текст]: монография / Н.Т. Андреев, О.А. Борчевский,

В.Г. Луговых [и др.]. - Л.: Судостроение, 1972. - 568 с.

2. Веревкин В.И. Влияние содержания кремния и деформации сварных узлов из судостроительных сталей на их склонность к электрохимической коррозии (статья) / В.И. Веревкин, В.Ф. Игушев, С.А. Терюшева. // Морские интеллектуальные технологии. – 3 (37) Т. 1 2017. С. 56-61.

3. Справочник химика 21. Химия и химическая технология. Глава 7. С.147-150.

СИСТЕМА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ВНУТРИТРУБНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Жуков Д.В.^{1,2}, Комаров Д.В.^{1,2}, Коновалов С.В.¹

¹Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Россия
²ООО «Газпром трансгаз Самара», г. Самара, Россия

Магистральные газопроводы (МГ) единой системы газоснабжения (ЕСГ) ПАО «Газпром» относятся к технически сложным и опасным производственным объектам. Обеспечение их безопасной эксплуатации регламентируется на уровне федерального законодательства [1] и предусматривает комплекс взаимосвязанных организационных и технических мероприятий, направленных на предупреждение аварий и инцидентов.

Протяженность линейной части магистральных газопроводов (ЛЧ МГ) ПАО «Газпром» составляет более 172 тыс. км. В настоящий момент срок службы большей части из эксплуатируемых трубопроводов превышает 20 лет. Основой для безопасного обслуживания таких объектов является своевременное определение их технического состояния, объемов, а также методов ремонта на основе диагностической информации.

Основным методом обследования ЛЧ МГ, представляющим наиболее полную и информативную картину их технического состояния, является внутритрубное техническое диагностирование (ВТД). Выбор вида и объема ремонтных мероприятий, обеспечивающих работоспособное состояние ЛЧ МГ на основании результатов ВТД, устанавливает СТО Газпром 2-2.3-292-2009 [2].

Критерием для осуществления выбора является значение показателя технического состояния $R_{\text{ВТД}}$, определяемого по формуле 1.

$$R_{\text{ВТД}} = 1 - (1 - p_t) \cdot (1 - v_{\text{ш}} \cdot \rho_{\text{ш}}) \cdot (1 - d_{\sigma}) \cdot (1 - d_f^2) \quad (1)$$

где p_t – показатель технического состояния труб и соединительных деталей;

$v_{\text{ш}}$ – весовой коэффициент, равный 0,5;

$\rho_{\text{ш}}$ – показатель технического состояния сварных соединений;

d_{σ} – поврежденность линейного участка МГ от повышенного уровня напряжений;

d_f – поврежденность линейного участка МГ от переменных нагрузок.

Необходимо отметить, что расчет каждого из показателей, входящих в состав $R_{\text{ВТД}}$, является трудоемкой задачей и представляет собой отдельную процедуру с большим количеством вычислительных операций. Кроме того, оценка осложняется тем, что аналитикам необходимо обрабатывать большой массив данных, превышающих десятки тысяч записей для каждого межкранового участка газопровода.

Согласно имеющейся на предприятии статистике по результатам расчета показатель $R_{\text{ВТД}}$ более чем в 20 % случаев превышает граничные значения, после которых требуется проведение капитального ремонта методами, подразумевающими полное вскрытие всего участка. При этом в большинстве случаев на участках обнаруживаются локальные скопления дефектных труб, замена или ремонт которых могут привести к существенному улучшению технического состояния всего участка.

Однако в силу низкой дифференциации газопроводов, заложенной в модели стандарта [2] ($R_{вд}$ и входящие в него промежуточные показатели рассчитываются для протяженных межкрановых участков), решение задачи по определению локальных мест скопления дефектов в масштабе нескольких труб является невозможным.

Также необходимо отметить, что при вычислении показателя $R_{вд}$:

- на трубной секции учитывается только один дефект, имеющий максимальный ранг опасности;

- неясна доля разных типов дефектов в общей сумме;

- неизвестно распределение дефектов по трассе газопровода.

Таким образом, делая вывод об исправности участка на основе модели стандарта [2], т.е. при проверке нулевой гипотезы H_0 : участок газопровода находится в исправном работоспособном состоянии, существует вероятность возникновения ошибок как первого, так и второго рода.

Чтобы исключить возможность их появления, т.е. сократить затраты при капитальном ремонте работоспособных труб и гарантированно отремонтировать наиболее поврежденные участки, необходимо использовать более совершенный инструмент при выборе участков и назначении вида ремонтных работ.

В основу предлагаемой модели был разработан и предложен локальный комплексный показатель k , характеризующий степень опасности обнаруженных при ВТД дефектов, расчет которого осуществляется по формуле 2. Он представляет собой сумму рангов опасности от дефектов четырех типов:

- потеря металла (коррозия, задиры, риски);

- дефекты геометрии (гофры, вмятины);

- трещиноподобные дефекты;

- дефекты кольцевых швов.

Разделение учета дефектов по видам обусловлено различиями в методах и стоимости их ремонта, применяемой техникой и технологиями. На основе получаемых данных становится возможным с высокой точностью определять конкретные, наиболее опасные места для проведения ремонта, требуемое количество труб и материалов, прогнозировать продолжительность работ.

$$k = \sum_{i=1}^{n_k} R_{k(i)} + \sum_{i=1}^{n_r} R_{r(i)} + \sum_{i=1}^{n_c} R_{c(i)} + \sum_{i=1}^{n_{ш}} R_{ш(i)} \quad (2)$$

где n_k – количество труб с дефектами потери металла;

R_k – поврежденность i -ой трубы, обусловленная дефектами потери металла стенки трубы;

n_r – количество труб с вмятинами и гофрами;

R_r – поврежденность i -ой трубы, обусловленные вмятинами и гофрами;

n_c – количество труб с трещиноподобными дефектами;

R_c – поврежденность i -ой трубы, обусловленная трещиноподобными дефектами;

$n_{ш}$ – количество дефектных кольцевых стыков;

$R_{ш}$ – поврежденность i -ой трубы, обусловленная дефектами кольцевых швов.

Основным условием для вывода участка в ремонт является достижение локальным показателем k граничного значения, которое определяется экспертно в каждом отдельном случае в зависимости от технических возможностей и средств, выделенных на проведение ремонта.

В результате был создан инструмент, не только в разы увеличивающий скорость обработки больших массивов информации, но и обладающий требуемой гибкостью при проведении аналитических работ. Укрупненная структура системы приведена на рисунке 1. В соответствии с заложенными алгоритмами и функциями, обеспечивается возможность автоматического пересчета и формирования данных о наличии и степени опасности обнаруженных на участке дефектов потери металла, геометрии, дефектов кольцевых швов и трещиноподоб-

ных дефектов. Причем в зависимости от решаемой задачи анализ может производиться в любых сочетаниях указанных групп дефектов, а также по каждому отдельно взятому виду. С шагом в 1 метр регулируется выбор протяженности рассчитываемых участков, что позволяет прогнозировать протяженность заменяемых труб или соответствующий объем изоляционных материалов.

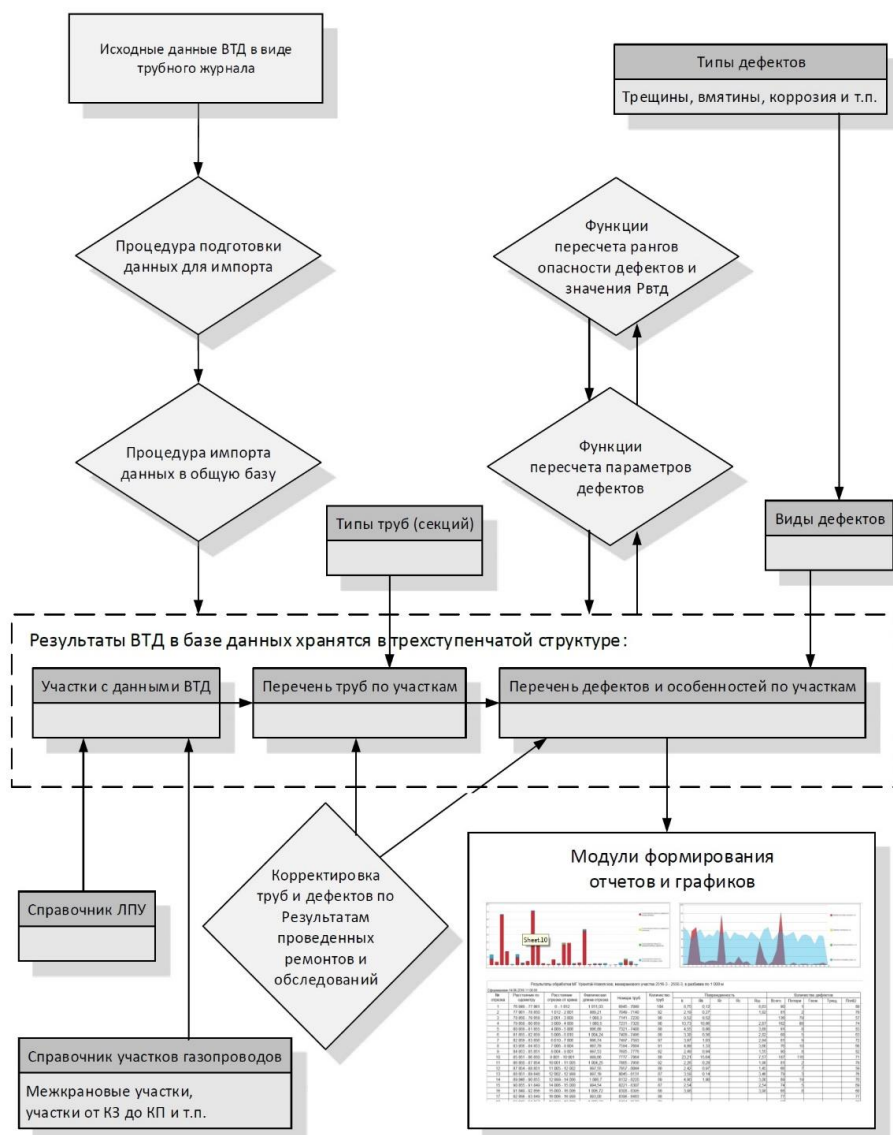


Рисунок 1 - Укрупненная структура «Система анализа технического состояния локальных участков ЛЧМГ по данным ВТД»

Также в систему был добавлен расчетный модуль определения общепринятого показателя технического состояния участка $R_{вТД}$, определяемый в соответствии с СТО Газпром 2-2.3-292-2009 [2], что позволило прогнозировать изменение показателя при принятии решений о планировании ремонта участками. Кроме того, система позволяет учитывать результаты проведенных ремонтных и дополнительных диагностических работ, и, соответственно, осуществлять оперативную коррекцию расчетных показателей.

В основе разработки лежит реляционная база данных, развернутая на платформе «1С Предприятие», позволяющая работать с данными через веб-интерфейс [3], что в свою очередь обеспечивает возможность работы с актуальными данными из любого удаленного подразделения с одновременным снижением требований к оборудованию рабочих мест. Дополнительно можно отметить простоту и удобство реализации системы доступа к данным, для разных пользователей, разграничения полномочий, автоматическое ведение истории работ (лог-файла).

Для вывода и визуализации выполненных расчетов в программном комплексе разработаны функции построения нескольких видов графиков и табличных отчетов, с возможностью фильтрации и целевого отбора данных, позволяющие выводить требуемую информацию в накопительном, сравнительном или сводном виде. Программа также позволяет выводить трассовку газопровода с результатами расчета показателя k для каждой трубной секции (рисунок 2). На трассовке также отражаются результаты уже выполненных обследований и ремонтных работ на участке.

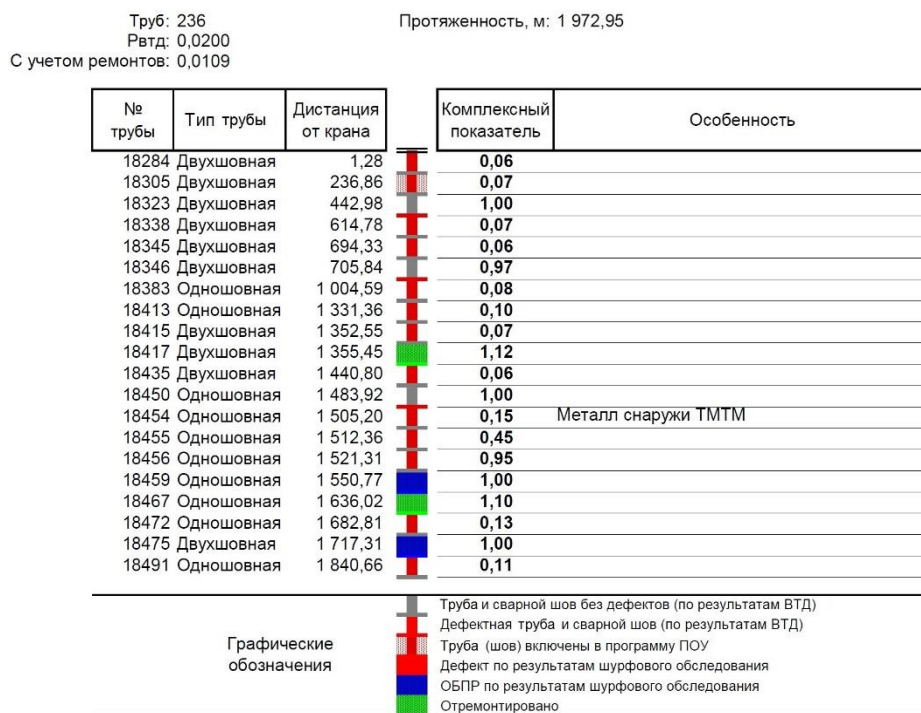


Рисунок 2 – Вывод результатов расчета комплексного показателя в виде трассовки газопровода (трубы без дефектов не выведены)

Реализация и запуск в производство программных разработок, использующих современные инструменты, технологии и способы обработки информации, существенно экономит материально-технические ресурсы предприятия не только за счет сокращения времени обработки и высокой точности вычислений, но и за счет обеспечения аналитических возможностей, с прогнозированием конечных результатов. Гибкие аналитические инструменты, позволяющие локализовать поврежденные участки, ремонт которых наиболее эффективен для повышения безопасности, в условиях старения газотранспортной системы и ограниченного финансирования, являются эффективным способом поддержания безопасной эксплуатации и целостности ГТС.

Библиографический список

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : федер. закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018). – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=213198&fld=134&dst=1000000001,10&rnd=0.5436376744894442#05549718185684808/>.
2. Правила определения технического состояния магистральных газопроводов по результатам внутритрубной инспекции : СТО Газпром 2-2.3-292-2009 / Науч.-исслед. ин-т природ. газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГаз. – Введ. с 2008-12-23. – М.: Газпром экспо, 2008. – 33 с.
3. 1С:Предприятие 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://v8.1c.ru/overview/> (дата обращения 17.06.2019).

АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., Кубарев В.А.

*Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк*

Машиной двойного питания (МДП) в общем случае называется схема включения асинхронного двигателя с фазным ротором, в которой на ротор подается напряжение от внешнего источника с возможностью регулирования амплитуды, частоты и фазы этого напряжения [1]. Применение МДП имеет значительные преимущества перед использованием асинхронного двигателя с фазным ротором и роторной станцией, поскольку позволяет управлять потоком энергии скольжения и добиваться высоких показателей энергоэффективности. Работа МДП в системах электропривода требует изменения режимов ее функционирования в зависимости от скорости вращения ротора машины. Переключение режимов осуществляется системой логического управления электроприводом.

В [2] показано, что для достижения большого диапазона регулирования скорости машины необходимо комбинировать режимы ее работы. Общий алгоритм функционирования привода для этого случая получен в [3]. В [4] и [5] получена алгоритмическая структура электропривода подъемной установки, приведенная на рисунке 1.

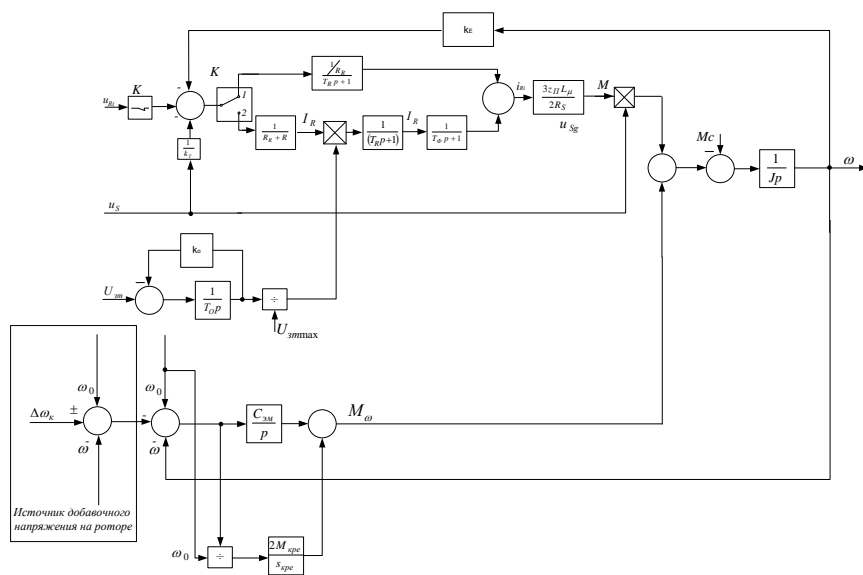


Рисунок 1 – Структурная схема комбинированного электропривода ШПУ
на основе машины двойного питания

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: u_{Ri} - активная составляющая добавочного напряжения на роторе; R_R - собственное активное сопротивление ротора; T_R - электромагнитная постоянная времени цепи ротора; k_E - коэффициент внутренней обратной связи по ЭДС ротора; i_{Ri} - активная составляющая тока ротора; z_{II} - число пар полюсов машины; L_μ - взаимная индуктивность статора и ротора; R_S - активное сопротивление статора; u_{Sg} - напряжение на статоре; U_{zm} - напряжение задания величины добавочного активного сопротивления в цепи ротора; $C_{эм}$ - электромагнитная жесткость; M_K - критический момент на естественной механической характеристике АД ФР; s_K - критическое скольжение на естественной механической характеристике АД ФР; k_d - коэффициент двигателя; k_T - коэффициент трансформации двигателя; M - электромагнитный момент; M_c - момент нагрузки (статический момент); J - приведенный к ротору подъемного двигателя суммарный момент инерции механической

части ШПУ; ω – угловая скорость вращения ротора; ω_0 – синхронная скорость; $\Delta\omega_K$ – приращение частоты; K – логическая функция, определяющая, работает ли привод в режиме двойного питания или в режиме УПТ [6].

Примем, что положение 1 ключа K соответствует логической 0, а 2 – логической 1. При этом режимы работы двигателя определяются следующими выражениями:

$$\begin{cases} K = 0 - \text{режим УПН}; \\ K = 1 - \text{режим УПТ}. \end{cases} \quad (1)$$

Введем следующие обозначения: ω_n – номинальная скорость машины на естественной характеристике; ω_3 – заданная системой управления скорость машины; $\omega_{kp} = 0,5\omega_0$ – скорость, соответствующая переходу из асинхронного в синхронный режим; A – максимальный темп изменения амплитуды добавочного напряжения на роторе, В/с; U_R – действующее значение добавочного напряжения на роторе. Исходя из анализа механических характеристик машины в различных режимах, можно составить правила управления добавочным напряжением на роторе машины. Правила управления предполагают разбиение рабочей зоны механических характеристик машины на участки, в пределах которых управление машиной осуществляется по заданным правилам и механические характеристики машины не изменяются качественным образом.

Особым режимом работы машины является растормаживание, в котором привод создает момент при заторможенном роторе. Этот режим возникает при наложении на барабан подъемной машины механического тормоза, что математически эквивалентно условию $J_\Sigma = \infty$. Этот режим описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} e_{SgRi} = u_S \frac{\cos\varphi_S}{k_T}, \\ \Delta u_{Ri} = u_{Ri} + e_{SgRi}, \\ i_{Ri} = \Delta u_{Ri} \cdot \frac{1/R_R}{T_R p + 1}, \\ M_a = \frac{3z_{II} L_\mu}{2R_S} i_{Ri} u_{Sg}. \end{cases} \quad (2)$$

Системе уравнений (2) может быть поставлена в соответствие структурная схема машины с заторможенным ротором, приведенная на рисунке 2.

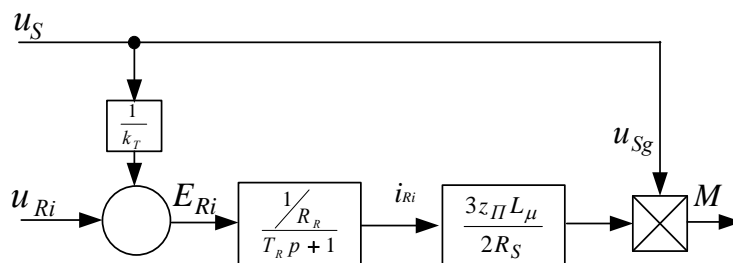


Рисунок 2 – Структурная схема МДП при заторможенном роторе

В приведенных на рисунках 1 и 2 структурах можно выделить две части: изменяемую, определяющую зависимость электромагнитного момента машины от параметров добавочного напряжения на роторе или его активного сопротивления $M = f(U_R, \delta, R_R)$, то есть характеризующую электромеханическое преобразование энергии в машине; и неизменяемую, определяющую зависимость $\omega = f(M)$, то есть механическое преобразование энергии. Таким образом,

основная идея управления комбинированным приводом заключается в изменении способа электромеханического преобразования энергии в машине при сохранении способа механического преобразования.

В соответствии известными участками цикла работы подъемной установки можно сформулировать правила переключения внутри них и между ними и составить аналитические и логические выражения, описывающие алгоритм функционирования СЛУ.

Для описания дополнительно введем следующие переменные:

I_{Ra} – активная составляющая тока ротора;

$f(K)$ – переменная замыкания ключа в цепи ротора, описанная в п. 2.1 настоящей работы;

Π – переменная, принимающая значение 1 при наличии сигнала пуска привода из остановленного состояния и значение 0 при отсутствии этого сигнала;

T – переменная, принимающая значение 1 при наличии сигнала торможения привода и значение 0 при отсутствии этого сигнала;

O – переменная, принимающая значение 1 при наличии сигнала останова привода и значение 0 при отсутствии этого сигнала;

Rev – переменная, принимающая значение 1 при наличии сигнала реверса привода и значение 0 при отсутствии этого сигнала;

PP – переменная, принимающая значение 1 при переключении реверсора;

$C3 = \begin{cases} 1 \text{ при } \omega = \omega_3, \\ 0 \text{ при } \omega \neq \omega_3 \end{cases}$ – переменная, определяющая достижение машиной заданной скорости вращения ротора;

$PT = \begin{cases} 1 \text{ при } \frac{dI_{Ra}}{dt} = 0, \\ 0 \text{ при } \frac{dI_{Ra}}{dt} \neq 0. \end{cases}$ – переменная, определяющая равенство 0

производной по времени активной составляющей тока ротора; $3T = \begin{cases} 1 \text{ при } I_{Ra} > 0, \\ 0 \text{ при } I_{Ra} \leq 0. \end{cases}$ – пере-

менная, определяющая знак активной составляющей тока ротора; $CK = \begin{cases} 1 \text{ при } \omega \leq \omega_{KP}, \\ 0 \text{ при } \omega > \omega_{KP}. \end{cases}$ – пе-

ременная, определяющая достижение машиной критической скорости вращения ротора

$C0 = \begin{cases} 1 \text{ при } \omega = 0, \\ 0 \text{ при } \omega \neq 0. \end{cases}$ – переменная, определяющая достижение машиной нулевой скорости вращения ротора.

С учетом введенных обозначений алгоритм функционирования комбинированного электропривода ШПУ может быть сформулирован следующим образом:

1) Растормаживание и разгон:

а) Подключение к сети:

$$\begin{cases} \bar{E}_S = \bar{E}_R + \bar{U}_R, \\ \delta = \psi_{E_R} + 180^\circ, \\ I'_R = 0, \\ f(K) = 1. \end{cases} \quad (3)$$

б) Растормаживание:

$$\text{При } (\omega = 0) \wedge (M = M_c): \begin{cases} K = 1, \\ TM = 0, \\ KP = 0, \\ KPI = 1 \\ \frac{dI'_R}{dt} > 0, \\ M > M_c. \end{cases} \quad (4)$$

в) Разгон:

$$\begin{aligned} \text{При } 0 < \omega \leq 0,1\omega_0 : & \begin{cases} K = 1 \\ I'_R = \text{const.} \end{cases} \\ \text{При } 0,1\omega_0 < \omega \leq \omega_0 : & \begin{cases} K = 0, \\ \Delta\omega = \frac{M_H s_{KPe} \omega_0 - 0,5(\omega_0 - \omega) M_{KPe}}{2M_{KPe}}, \\ -A \leq \frac{dU_R}{dt} < 0, \\ \delta = \text{arctg} \left(\frac{s}{s_{KPe}} \right). \end{cases} \end{aligned} \quad (5)$$

Условие окончания участка $C3^{\wedge} ПТ^{\wedge} 3T = 1$.

2) Движение на малой скорости:

$$\begin{aligned} \text{При } 0 < \omega \leq 0,1\omega_0 : & \begin{cases} K = 1 \\ I'_R = \text{const.} \end{cases} \\ \text{При } 0,1\omega_0 < \omega \leq 0,5\omega_0 : & \begin{cases} K = 0, \\ \Delta\omega = \frac{M_H s_{KPe} \omega_0 - 0,5(\omega_0 - \omega) M_{KPe}}{2M_{KPe}}, \\ U'_R = \text{const.}, \\ \delta = \text{arctg} \left(\frac{s}{s_{KPe}} \right). \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

Условие окончания участка $C3 = 0$.

3) Движение на максимальной скорости

$$\text{При } \omega = \omega_3 : \begin{cases} K = 0, \\ \bar{U}_R = 0. \end{cases}$$

Условие окончания участка $-T=1$.

4) Замедление

$$\text{При } 0 \leq \omega \leq \omega_0 : \begin{cases} K = 0, \\ 0 < \frac{dU_R}{dt} \leq A, \\ f_R = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0} f, \\ \delta = \text{arctg} \left(\frac{s}{s_{KPe}} \right). \end{cases} \quad (7)$$

Условие окончания участка $-C3^{\wedge} ПТ = 1$;

5) Движение с малой скоростью

$$\text{При } 0 < \omega \leq 0,1\omega_0 : \begin{cases} K = 1 \\ I'_R = \text{const.} \end{cases}. \quad (8)$$

Условие окончания участка $-O=1$;

6) Останов:

$$\begin{cases} K = 1 \\ \frac{dI'_R}{dt} < 0. \end{cases}. \quad (9)$$

Условие окончания участка $-C0^{\wedge} 3T = 1$;

$$7) \text{ Реверс: переключение реверсора при } \begin{cases} \overline{E}_S = \overline{E}_R + \overline{U}_R, \\ \delta = \psi_{E_R} + 180^\circ, \\ I'_R = 0, \\ f(K) = 1. \end{cases}$$

Предложенный алгоритм (3-9) может быть формализован с последующим составлением блок-схемы или граф-схемы переходов. Алгоритм предполагает регулирование активной составляющей тока ротора как основы для регулирования момента двигателя и его максимизации. Для увеличения КПД привода и снижения потребляемой им полной мощности возможно также регулирование реактивной составляющей тока ротора или тока статора.

Система логического управления (СЛУ) реализует данный алгоритм совместно с программируемым аппаратом задания и контроля (ПАЗК), который осуществляет вычисление логических функций на основании сигналов из системы электропривода и формирует управляющие воздействия для СЛУ.

Библиографический список

1. Онищенко Г. Б. Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания / Г. Б. Онищенко, И. Л. Локтева. – М.: Энергия, 1979. – 200 с.
2. V Yu Ostrovlyanchik et al. Mechanical characteristics of the doubly-fed machine and its use in the hoist electric drive / V Yu Ostrovlyanchik, I Yu Pospelzin, D A Marshev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. –Vol. 206. – Iss.1. – 142714. DOI: 10.1088/1755-1315/84/1/012030
3. V Yu Ostrovlyanchik et al. Operation algorithm of the hoist electric drive based on a doubly-fed machine with combined control / V Yu Ostrovlyanchik, I Yu Pospelzin, V A Kubarev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. –Vol. 206. – Iss.1. – 012040. DOI: 10.1088/1755-1315/206/1/012040
4. Островляничик, В. Ю., Поползин И. Ю. Эквивалентная структура асинхронного двигателя с двойным питанием с изменением частоты добавочного напряжения для систем электропривода шахтных подъемных установок / В. Ю. Островляничик, И. Ю. Поползин // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : научный журнал. – 2019. – № 5. - С. 302-307.
5. Островляничик, В. Ю., Поползин И. Ю. Алгоритмическая структура системы управления электроприводом подъемной машины с двигателем двойного питания / В. Ю. Островляничик, И. Ю. Поползин // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : научный журнал. – 2019. – № 5. - С. 307-312.
6. Островляничик, В. Ю. Управляемый преобразователь тока для электропривода шахтной подъемной установки на основе машины двойного питания / В.Ю. Островляничик, И.Ю. Поползин, Д.А. Маршев, А.В. Толстых, А.В. Дроздова // Горное оборудование и электромеханика. – 2019. – № 1. - С. 40-46. DOI: 10.26730/1816-4528-2019-1-40-46

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ

Шипов В.А., Корнев В.М., Кустов А.В.

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск. Россия*

Массообменными называют процессы, при которых вещество переходит в другую фазу путем диффузии. К таким процессам относятся ректификация, абсорбция, десорбция, адсорбция. В общем случае аппараты, в которых протекают указанные процессы, называют

массообменными. Конструкции массообменных аппаратов весьма разнообразны: тарельчатые, насадочные, пленочного типа. [1-3].

Насадочные колонны обладают меньшим гидравлическим сопротивлением по сравнению с тарельчатыми, что особенно важно при ведении процесса ректификации под вакуумом. Даже при значительном вакууме в верхней части колонны, вследствие гидравлического сопротивления, разрежение в кубовой части может оказаться недостаточным для требуемого снижения температуры кипения смеси.

Для уменьшения гидравлического сопротивления вакуумных колонн применяют насадки с возможно большим свободным объемом. В самой ректификационной колонне не требуется отводить тепло, поэтому трудность отвода тепла из насадочных колонн является достоинством.

При ректификации равномерно распределить жидкость по насадке в колоннах большого диаметра затруднительно, в связи с этим диаметр промышленных насадочных ректификационных колонн обычно не превышает 0,8-1 м. При этом очень важно в процессе ректификации контролировать в колонне и конденсаторе процессы тепло - и массообмена. [2]

В целях автоматизации процесса ректификации используются автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП), которые позволяют при установке нужных параметров технологического процесса добиться выхода продукции необходимого качества. В первую очередь необходимо знать при поддержании каких основных параметров должен протекать процесс ректификации, так же выявить какой параметр за какую часть технологического процесса отвечает. Далее следует подобрать такие средства АСУТП что бы все датчики, вторичные устройства и исполнительные устройства подходили под наши технологические параметры.

На основании выше изложенного предлагается следующая система автоматизации колонны:

1. АСУТП ректификационной колонны.

1.1 Контроль давления воды в аппарате.

Контроль давления воды в аппарате измеряется датчиком избыточного давления ДИ-10-1,6 с выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал поступает на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему. При установке датчика, для исключения гидравлического удара в случае резкого перепада давления, используется отборное устройство.

1.2 Контроль концентрации этилового спирта в колонне.

Контролируется датчиком газоанализатора спирта АДТ-23-3425. При установке чувствительный элемент датчика устанавливается непосредственно в измеряемую среду. Сигнал измерения передается на преобразователь газоанализатора, где преобразуется в сигнал 4-20 мА и передается на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему.

1.3 Контроль температуры воды в аппарате.

Контролируется 3 термометрами сопротивления S-S Regeltechnik с диапазоном измерений - 30 – 100 С и унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал передается на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему.

1.4 Контроль уровня этилового спирта.

Контролируется с помощью бесконтактного взрывозащищенного датчика уровня МС DUG2S-N-0,3-С с выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал поступает на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему.

1.5 Контроль температуры этилового спирта.

Контролируется термометром сопротивления S-S Regeltechnik с диапазоном измерений -30 – 100 С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал передается на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему.

1.6 Контроль давления этилового спирта в колонне.

Контролируется датчиком избыточного давления ДИ-10-1,6 во взрывозащищенном исполнении с выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал поступает на вторичный показывающий

прибор ИРТ 5922 с RS 485 выходом для подключения к модему. При установке датчика используется отборное устройство, для исключения гидравлического удара в случае резкого перепада давления

2. АСУТП конденсатора

Основными контролируемыми параметрами являются:

2.1 Контроль температуры воды в трубопроводе.

Измеряется термометрами сопротивления S-S Regeltechnik диапазоном измерений -30 – 100 С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал передается на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему.

2.2 Регулирование температуры этилового спирта.

Контроль осуществляется с помощью термометров сопротивления S-S Regeltechnik с диапазоном измерений -30 – 100 С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал передается на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему. Регулирование производится с помощью магнитного пускателя КМ16-А 4NO, а так же пускорегулирующей арматуры серии RV102.

2.3 Регулирование давления этилового спирта.

Контроль осуществляется с помощью датчика измерения избыточного давления ДИ-10-1,6 во взрывозащищенном исполнении с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА. Сигнал передается на вторичный показывающий прибор ИРТ 5922 с RS 485 с выходом для подключения к модему. Регулирование производится с помощью магнитного пускателя КМ16-А 4NO, а так же пускорегулирующей арматуры серии RV102.

В дальнейшем, для достижения надежной и безопасной работы ректификационной насадочной колонны необходимо соблюдать требования Федерального закона от 21.07.1997 N 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" [4] и требования Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Разрабатываемые технологические системы должны оснащаться автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУТП) осуществляя контроль параметров, определяющих взрывоопасности процесса, с регистрацией показаний и предупредительной сигнализацией их значений, а также средствами автоматического регулирования и противоаварийной защиты (ПАЗ). Технические характеристики АСУТП и ПАЗ должны соответствовать скорости изменения значений параметров процесса в требуемом диапазоне (класс точности приборов, инерционность систем измерения, диапазон измерения и др.).

Требования к системам АСУТП и ПАЗ, обеспечивающие безопасность ведения технологических процессов, определены пунктами 6.1, 6.2, 6.3 раздела VI Правил «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» [5].

В соответствии с Регламентом по расположению аппаратуры автоматики [6], была, кроме основной линии контроля и регулирования параметров, предусмотрена запасная линия, которая, в случае выходы из строя любого из контуров основной линии, позволяла продолжать безопасную работу всей системы, без её вывода на ремонт.

Запасная линия в ректификационной насадочной колонне устанавливается в искробезопасном исполнении. [7]

АСУТП ректификационной колонны

1. Контроль давления воды в колене.

Контроль давления производится компактным преобразователем Autonics TPS30 в корпусе из нержавеющей стали. Данный преобразователь является одним из лучших преобразователей давления. Так же он идеально подходит для запасной линии, так как имеет высочайшую надежность и безотказность работы за счет прочного корпуса, применения мембран из нержавеющей стали 316L, обеспечивающих антикоррозийную стойкость. Имеет аналоговый выход: ток (4-20 мА пост. тока), напряжение (1-5 В=). Сигнал поступает на вторичный показывающий прибор **МЕТАКОН-1015** Измеритель-преобразователь имеет универсальный вход, токовый выход, встроенный источник питания 24 В, интерфейс RS-485. При

установке датчика используется отборное устройство для исключения гидравлического удара в случае резкого перепада давления (далее **МЕТАКОН-1015**).

2. Контроль концентрации этилового спирта в колонне.

Концентрация измеряется газоанализатором спирта ADT-23-3425. При установке чувствительный элемент датчика устанавливается непосредственно в измеряемую среду, вблизи к основному чувствительному элементу. Данный газоанализатор имеет высокие показатели надежности, что значительно повышает длительность его безотказной работы. Сигнал измерения передается на преобразователь газоанализатора, где преобразуется в сигнал 4-20 мА и поступает на **МЕТАКОН-1015**.

3. Контроль температуры воды в колонне.

Контроль температуры осуществляется 3 термопреобразователями сопротивления ТС-1388/АВМ. Имеют среднюю наработку до отказа - 150000 часов. Установка в клеммную головку вибропрочного измерительного преобразователя позволяет получить унифицированный выходной сигнал 4...20 мА + HART. Сигнал поступает на **МЕТАКОН-1015**.

4. Контроль давления этилового спирта в колонне.

Контроль давления осуществляется датчиком избыточного давления "Радон ВБ ДИ". Датчик давления «Радон» предназначен для работы в системах автоматического контроля, регулирования и управления технологическими процессами и обеспечивает непрерывное преобразование избыточного или гидростатического давления в унифицированный токовый выходной сигнал. Датчик имеет степень защиты ШР-IP54, СР-IP65 или КО-IP68 и характеризуется высоким уровнем надежности, обеспечивающим безотказность работы в жестких климатических условиях и при механических воздействиях, измерения преобразуются в унифицированный выходной сигнал 4...20 мА. Сигнал поступает на **МЕТАКОН-1015**.

АСУТП конденсатора

1. Контроль температуры воды в трубопроводе.

Температура воды измеряется термопреобразователями сопротивления ТС-1388/АВМ, имеющими среднюю наработку до отказа -150000 часов. Установка в клеммную головку вибропрочного измерительного преобразователя позволяет получить унифицированный выходной сигнал 4...20 мА + HART. Сигнал поступает на **МЕТАКОН-1015**.

2. Регулирование температуры этилового спирта на выходе из конденсатора.

Контроль температуры осуществляется термопреобразователями сопротивления ТС-1388/АВМ, имеющими среднюю наработку до отказа -150000 часов. Установка в клеммную головку вибропрочного измерительного преобразователя позволяет получить унифицированный выходной сигнал 4...20 мА + HART. Сигнал поступает на **МЕТАКОН-1015**. Регулирование производится с помощью магнитного пускателя TVS 1НО а так же пускорегулирующей арматуры RV102.

Предлагаемые средства измерения и контроля позволяют вести процесс работы насадочной ректификационной колонны не только при производстве и дальнейшей очистке этилового спирта, но и при комплексной переработке растительного сырья. Также представленная схема автоматизации также может быть применена и для ректификационных колонн, оснащенных контактными ступенями.

Библиографический список

1. А.В. Кустов. Гидродинамика и массообмен на вихревых ректификационных ступенях при переработки растительного сырья. Дис... канд.техн.наук; 05.21.03. Красноярск: СибГТУ. 2010.
2. Н.А. Войнов, А. В. Кустов. Ректификация этилового спирта под вакуумом. – Проблемы ускоренного воспроизводства и комплексного использования лесных ресурсов: Материалы междун. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2006, с. 47-49
3. В. А. Шипов, П. Ю. Кирпичев. Регулирование процесса тепло- массообмена в ректификационной насадочной колонне. – Химические технологии функциональных материалов – Новосибирск, 2019.. с. 140-142

4. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"

5. Приказ Ростехнадзора от 11.03.2013 N 96 (ред. от 26.11.2015) "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств" (Зарегистрировано в Минюсте России 16.04.2013 N 28138).

6. П– 44 Электронное методическое пособие «Автоматизированные системы управления технологическими процессами» по МДК 04.01 «Теоретические основы разработки и моделирования несложных систем автоматизации с учетом специфики технологических процессов отрасли» для обучающихся по специальности Автоматизация технологических процессов и производств Попова Е.П. – Краснодар: ГБПОУ КК КТК, 2015. - 44с.

7. М. А. Шульгин, В. А. Шипов, П. Ю. Кирпичев. Разработка безопасной АСУТП ректификационно колонны. – Молодые ученые в решении актуальных проблем науки. – Красноярск, 2019. С. 651-653.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА «ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ДОМЕННОГО ЦЕХА» НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET CORE MVC

Перетыкина К.Р., Лавров В.В., Гурин И.А., Спирин Н.А.

*Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

Разработанное web-приложение предназначено для автоматизированного формирования технического отчета о работе доменного цеха ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» за расчетный период времени (месяц). Необходимость разработки web-приложения обусловлена потребностями инженерно-технологического персонала в более качественном использовании существующих на комбинате информационных ресурсов для анализа производственных ситуаций в масштабе доменного цеха [1, 2]. Программный продукт, реализованный на платформе ASP.NET Core MVC, имеет следующие преимущества в сравнении с интерфейсом программирования приложений Windows Forms [3-5]. Во-первых, добавление новых функций в web-приложение не требует обновления на каждой рабочей станции. Во-вторых, web-приложение обеспечивают мобильность пользователя при использовании новых вычислительных устройств. В-третьих, программа будет осуществлять высокопроизводительную и бесперебойную работу независимо от мощности рабочего компьютера пользователя.

В ходе разработки программного обеспечения АРМа «Технический отчет доменного цеха» спроектированы и реализованы серверная часть системы и приложение. Приложение позволяет технологу доменного цеха возможность автоматизированного ввода, хранения, обработки и представления в удобном виде технологических данных о состоянии печей, количестве и качестве полученного передельного чугуна и др. (свыше 300 показателей), а также формировать технический отчет за определенный месяц и выводить его во внешний формат документа (Microsoft Word, Microsoft Excel, pdf и др.). Данное приложение используется на предприятии ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат». Хранимые отчетные данные, которые находятся в базе данных, используются специалистами инженерно-технологической группы доменного цеха для дальнейшего использования в автоматизированной информационной системе анализа и прогнозирования производственных ситуаций доменного цеха.

На начальном этапе разработки приложения создана архитектура – основные программные компоненты, внешне видимые свойства этих компонентов и отношения между ними, определены входные и выходные данные программы, способ ее взаимодействия с пользователем (web-интерфейс), а также язык и среда программирования [5].

Архитектура системы представлена на рисунке 1. Трехуровневая архитектура, изображенная на рисунке 1, позволяет оптимально распределить работы между клиентскими и серверной частями системы. Трехуровневая модель характеризуется тем, что в ней интерфейс с пользователем независим от компонента обработки данных. В модели явно выделены: компонент интерфейса с пользователем, программное обеспечение промежуточного слоя и компонент управления данными.

Программное обеспечение промежуточного слоя выполняет функции управления транзакциями и коммуникациями, транспортировки запросов, управления именами и множество других.

Дополнительно разработана функциональная модель информационной системы, которая предназначена для формализации функций процессов обработки данных. Существует несколько методологий для реализации функциональных моделей, но выбрана была IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling) – методология функционального моделирования для описания функций предприятия, предлагающая язык функционального моделирования для анализа, разработки, реинжиниринга и интеграции информационных систем бизнес-процессов [6]. Функциональная модель реализована в программе Ramus. На рисунке 2 приведен фрагмент составленной функционально модели.

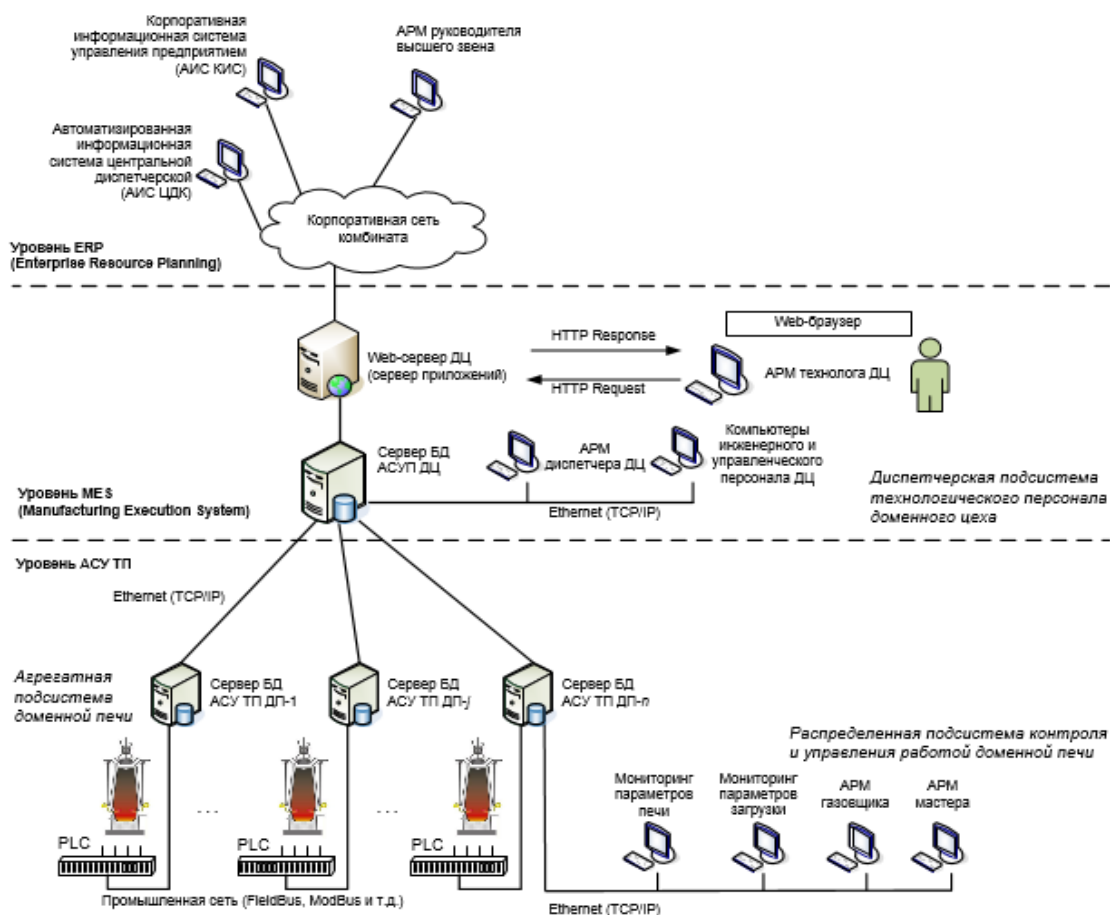


Рисунок 1 – Архитектура информационной системы

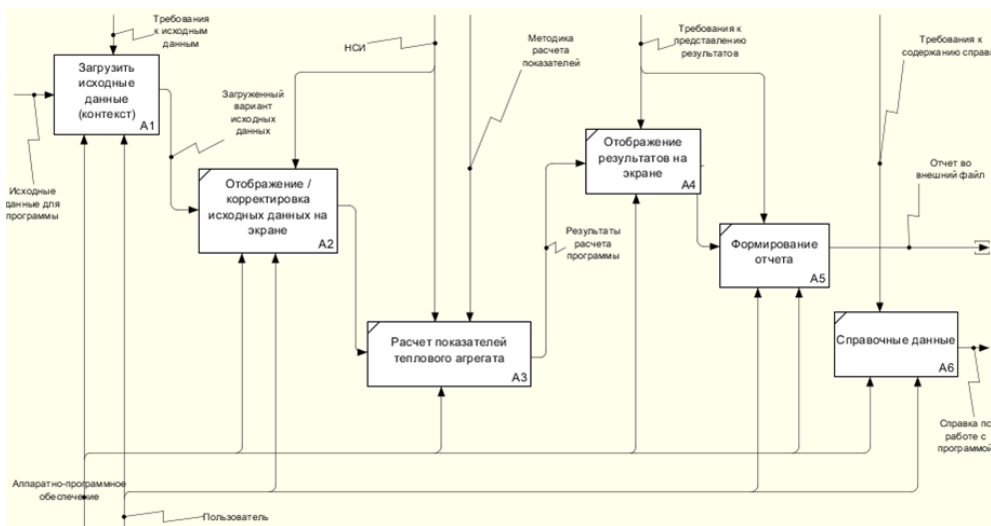


Рисунок 2 – Фрагмент функциональной модели системы: декомпозиция 1-го уровня

При открытии web-приложения в верхней части отображены наименования программного модуля, информация о программе и контакте разработчика. Фрагмент окна главной страницы web-приложения информационной системы представлен на рисунке 3.

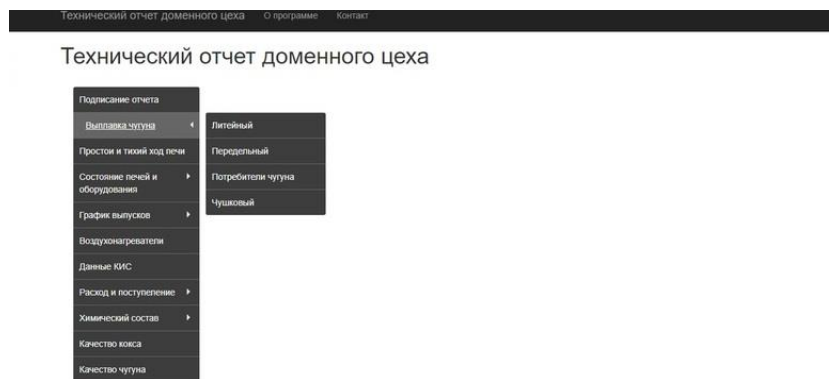


Рисунок 3 – Главная страница web-приложения «Технический отчет доменного цеха»

При переходе на web-страницу «Выплавка чугуна» / «Передельный» открывается страница приложения, на которой отображаются фактические показатели работы доменных печей. Есть возможность настроить фильтрацию отчетных данных по критериям «отчетный период», «доменная печь». Фрагмент окна пользовательского web-интерфейса представлен на рисунке 4.

Наименование доменной печи	План календарный, т.	План с учетом простоев, т.	Налив передельного чистого чугуна (без шлака), т	Выплавка передельного чугуна с кислородом, т	Выплавка передельного чугуна с природным газом, т	Слив передельного чистого чугуна (без шлака), т	Выполнение производства по передельному чугуну, %	Налив передельного грязного чугуна (со шлаком), т	Слив передельного грязного чугуна (со шлаком), т
дп 1	125521,00	125520,98	130133,33			130121,00	103,66	130717,19	130707,38
дп 2	85137,00	85136,98	86383,81			86371,00	101,45	86773,38	86760,58

Рисунок 4 – Web-страница «Выплавка чугуна» / «Передельный чугун»

При нажатии кнопки «Отчет в Excel» или «Отчет в Word», пользователь может выгрузить необходимую информацию в виде документа соответствующего формата

Таким образом, разработанная информационная система АРМ «Технический отчет доменного цеха» позволяет инженерно-технологическому персоналу осуществлять автоматизированный сбор, хранение и анализ данных. С ее помощью инженерно-технологический персонал реализует мероприятия, направленные на повышение качества анализа, прогнозирования и планирования технологических ситуаций.

Библиографический список

1. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП: учебное пособие / Н.А. Спиринов, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев [и др.]; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с. <http://hdl.handle.net/10995/27839>
2. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин, Н.А. Спиринов, В.Л. Терентьев [и др.]; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 301 с. <http://hdl.handle.net/10995/40111>
3. Столбовский Д.Н. Основы разработки Web-приложений на ASP.NET. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2009. – 304 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=233488&sr=1.
4. Сычев А.В. Перспективные технологии и языки веб-разработки. – М: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 494 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=429078&sr=1.
5. ASP. NET Core MVC с примерами на C# для профессионалов / А. Фримен. – СПб.: ООО «Альфа-книга», 2017. – 992 с.
6. Методология функционального моделирования IDEF0. Госстандарт России. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2000. – 75 с. <http://www.nsu.ru/smk/files/idef.pdf>.

ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Иванов Д. В., Ляховец М.В., Коровин Д.Е.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Для управления конвейерным транспортом применяются локальные системы управления с отображением и управлением через SCADA системы, выведенные в диспетчерский пункт шахты. В SCADA системах реализованы функции учета аварийных состояний конвейерного оборудования (датчиков), аварийных и рабочих состояний конвейера в целом.

В современных крупных предприятиях, состоящих из нескольких производственных единиц (ПЕ), встает актуальный вопрос по единой диспетчеризации всего производства в рамках единой системы. Для реализации данной системы нужно решить задачу сбора данных из разных источников и передачи их в единую базу исторической информации для последующей визуализации работы конвейерного транспорта.

Основной трудностью данной задачи было то, что на каждой ПЕ существует уникальный список аварийных и информационных признаков промышленных объектов, подлежащих контролю и управлению локальными системами автоматизации (ПО).

Для решения поставленной задачи лучше подходит современное средство – пакет Wonderware System Platform 2017 Update 3, так как обладает рядом ключевых свойств:

1. В данном пакете имеется многопользовательский доступ при разработке и изменении проекта. К проекту, расположенному на удаленном сервере, могут подключаются все разработчики, используя возможности терминального доступа к серверу. Тем самым достигается возможность совместной работы без необходимости отслеживания изменений, внесенных другими разработчиками.

2. Широкий набор драйверов ввода/вывода позволяет обмениваться информацией с оборудованием практически всех мировых производителей контроллеров, что весьма удобно при сопряжении со средствами автоматизации, поставляемыми комплектно с оборудованием.

3. Возможность использования объектно-ориентированного подхода при разработке системы [1].

Основной трудностью задачи сбора информации было то, что на каждом объекте (шахте) был уникальный список аварийных и информационных признаков конвейеров. Главной целью было привести список признаков к единому образцу для наглядности представления и удобства эксплуатации. Для ускорения разработки при создании данной системы выбран вариант объектно-ориентированного подхода, позволяющий реализовать наследование и полиморфизм [2].

В рамках выполнения задачи были типизированы основные для всех конвейеров признаки: текущее состояние (авария или работа), тип конвейера (магистральный или участковый), тип выполняемой работы (проходка или добыча), его расположение и наименование. Все это признаки были реализованы в корневом шаблоне «\$Conveyor», приведенном на рисунке 1.

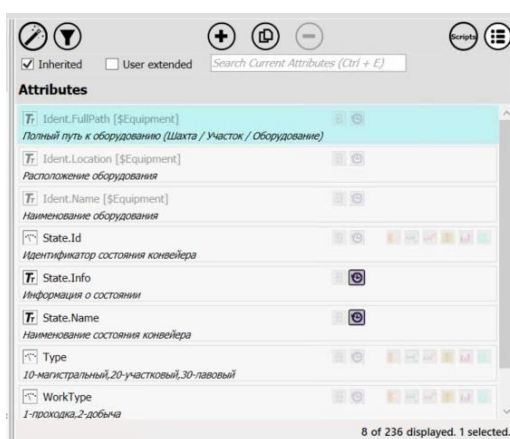


Рисунок 1 – Список базовых признаков шаблона «\$Conveyor»

На втором этапе произведено разбиение всех конвейеров по «классам» в зависимости от разработчика SCADA системы на объекте. Это решение было обосновано разным синтаксисом и архитектурой хранения в базе данных похожих признаков. Список производителей и объектов представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Соответствие объекта и разработчика SCADA системы.

ПЕ	Разработчик SCADA системы
1	Becker/DEP
2	Ингортех
3	Ингортех
4	DEP
5	DEP/Becker
6	DEP
7	DEP

Исходя из представленного в таблице перечня разработчиков, можно выделить три типа: Becker, DEP и Ингортех. Для каждого типа был создан свой типовой шаблон класса – «\$ConvDEP», «\$ConvBecker», «\$ConvIngor» соответственно. Шаблоны, созданы из корневого шаблона и наследуют все признаки из шаблона «\$Conveyor».

Проведен анализ списка признаков и их типизация. Например, для признака «Конвейер стоит» были следующие варианты записи: «Bd_0_RPK.Band_steht», «OPC\PCOS.OPC.20\Firma_GLB_V.Band_steht» и др. Все варианты были приведены к еди-

ному «Vand_steht» для упрощения работы с системой хранения исторической информации и облегчения внесения новых признаков при модернизации системы.

На третьем этапе признаки разбиты по группам на основании физических характеристик конвейеров (по числу двигателей, подшипников и др.). Были сформированы общие группы признаков, характерные для всех конвейеров данного разработчика, и выделены уникальные группы (рисунок 2).

Associations		
61		
<input checked="" type="checkbox"/>	dat_0_ERR_Schlupf_FM	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Bandschiltz_1	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Bandschiltz_2	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Bdbsp1	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Bdbsp4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Feuer1_L1_Druck_fehlt	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Feuer1_2	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr1_Oelniveau_gering	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr1_Oeltmp_hoch	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr1_Tmp1_Abtr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr1_Tmp2_Abtr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr1_Tmp2_Antr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr2_Oelniveau_gering	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr2_Oeltmp_hoch	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr2_Tmp1_Abtr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr2_Tmp2_Abtr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr2_Tmp2_Antr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr3_Oelniveau_gering	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr3_Oeltmp_hoch	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr3_Tmp1_Abtr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr3_Tmp2_Abtr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Getr3_Tmp2_Antr	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_KTV_STOP	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Schieber_unplaus	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Schieberstellung	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Schlupf_Antr1	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ERR_Schlupf_Antr2	0

Рисунок 2 – Уникальная группа признаков шаблона «\$ConvBecker»

Из типовых шаблонов классов были созданы экземпляры объектов. Например, из шаблона «\$ConvBecker» были созданы экземпляры объекта конвейер – «ConvAlar1», «ConvAlar2» и т.д., которые наследуют признаки из родительских шаблонов «\$Conveyor» и «\$ConvBecker». Иерархия объектов представлена на рисунке 3.

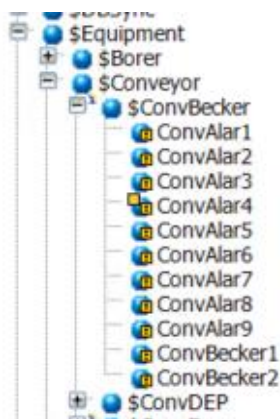


Рисунок 3 – Пример иерархии родительского шаблона «\$ConvBecker»

Использование объектно-ориентированного подхода при создании системы сбора данных и визуализации конвейерного транспорта позволяет сократить трудозатраты при разработке системы, упрощает процесс внесения изменений, повышает удобство и эффективность работы при эксплуатации системы.

Библиографический список

1. Грачев В.В. Особенности внедрения пакета Wonderware System Platform 2017 при модернизации автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «антоновская» / В.В. Грачев, М.В. Шипунов, Д.В. Иванов, Д.Е. Корвин – Новокузнецк: СибГИУ, 2018 – С. 327 – 331 с.

2. Иванов Д.В. Использование объектно-ориентированного подхода при разработке информационного обеспечения систем диспетчеризации углеобогажительных фабрик / Д.В.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА КРАТКОСРОЧНОМ ВРЕМЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ

Печатнова Е.В.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Проблема дорожно-транспортной аварийности имеет социально-экономическую направленность: потери в ДТП выражаются в более чем 15 тысяч погибших в год и в ущербе до 3 % ВВП [1, 2]. Показатели аварийности на автомобильном транспорте выше аналогичных на других видах транспорта, что является следствием недостаточно развитой и низкоэффективной системы управления безопасностью дорожного движения (БДД), которая имеет ряд существенных недостатков, наиболее выражены проблемы на краткосрочном уровне.

Целью работы стала разработка основных моделей, структуры и алгоритмов системы оперативного (в краткосрочном временном интервале) управления БДД на дорогах вне населенных пунктов (СОУБДД). Работа проводилась в несколько этапов: выделение факторов аварийности, их степени влияния; определение структуры СОУБДД на региональном и муниципальном уровнях; разработка алгоритмов управления. В качестве методов исследования для получения математической модели влияния факторов аварийности использовались статистический факторный, кластерный и дискриминантный анализ, а при разработке структуры и алгоритмов СОУБДД – теория активных систем и теория управления организационными системами.

Основными факторами аварийности выбраны «дорога» (постоянные параметры дороги: элементы плана, продольного и поперечного профиля дороги): $D = \{d_g\}$ и «среда» (интенсивность движения, время суток, метеорологические условия): $S = \{s_j\}$. Одним из эффективных инструментов для определения величины влияния факторов является статистический анализ данных по случившимся ДТП [3]. Собрана информация о ДТП с пострадавшими и с материальным ущербом на дороге А–322 Барнаул – Рубцовск – государственная граница с Республикой Казахстан за период с 2012 по 2018 год. Для каждого ДТП восстановлены данные о значениях выделенных факторов и проведен их анализ с помощью перечисленных методов.

На основании обработки данных получены математические модели влияния выбранных факторов на изменение потенциальной опасности. Обобщенная модель, отражающая величину потенциальной опасности в заданное время (t) на определенном участке дороги (i) представляет собой:

$$K_{on}^{it}(d, s) = f(D_i) \cdot g(S_t) \quad (1)$$

где $g(S_t) = \prod k_s^t$ – математическая модель взаимосвязи между параметрами внешней среды и потенциальной аварийностью,

k_s^t – частные коэффициенты, отражающие влияние параметров фактора «среда» на величину потенциальной опасности;

$f(D_i) = K_d^i$ – математическая модель взаимосвязи между постоянными параметрами фактора «дорога» и потенциальной аварийностью, выраженная с помощью коэффициента опасности.

При разработке СОУБДД предложена схема, представляющая собой двухуровневую структуру управления: «Центр» представлен Коллегией органов исполнительной власти региона, активными элементами – структуры и организации, в какой-либо мере ответственные за обеспечение БДД: дорожные организации, управление ГИБДД, органы МЧС, СМИ [1, 4]. Состав системы определяется на региональном уровне, а исполняется на муниципальном.

При моделировании работы СОУБДД предложено определить механизм инициирования системы управления на основе сравнения K_{on}^{it} с критическим значением ($K_{on\ крит}^{it}$), которое может быть определено с помощью действующих целевых программ по повышению БДД. Алгоритм инициирования СОУБДД представлен на рисунке 1.

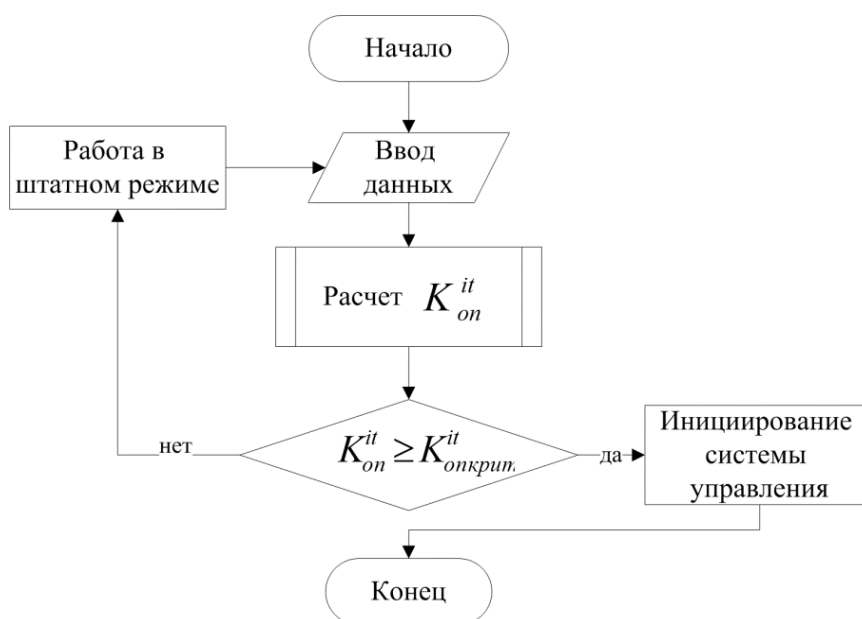


Рисунок 1 – Алгоритм инициирования СОУБДД

Внедрение СОУБДД предлагается осуществлять в три этапа: этап внедрения и тестирования, этап работы системы с внесением параметров ситуации, принятых решений и их результатов в базу знаний и этап работы двухвариантной системы. Первой вариантной системой выступают решения, принятые активными элементами, а второй – «машинные» решения, полученные с помощью базы знаний.

В результате работы получена математическая модель, отражающая взаимосвязь между факторами внешней среды, постоянными дорожными характеристиками и потенциальной опасностью, которая используется в качестве объективного критерия при инициировании СОУБДД. Предложена структура и механизмы внедрения системы.

Библиографический список

1. Печатнова Е.В. Повышение эффективности управления БДД с использованием элементов теории активных систем // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2018. № 2. – С. 113-117.
2. Нигрей А.А. Анализ состояния безопасности дорожного движения в Омской области // Безопасность городской среды Материалы VI Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Е.Ю. Тюменцевой. – 2019. – С. 561-566.
3. Аземша С.А. Разработка направлений повышения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь с применением статистических критериев оценки различий в двух выборках // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2018. № 2 (37). – С. 17-21.
4. Печатнова Е.В. Повышение эффективности управленческих решений в сфере безопасности дорожного движения // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве Труды XI Всероссийской научно-практической конференции. Сибирский государственный индустриальный университет; Под редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – 2017. – С. 235-237.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНИЯ В ЧУГУНЕ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Гурин И.А., Спирин Н.А, Истомин А.С., Куделин С.П., Щипанов К.А.

*Уральский федеральный университет
имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия*

Одним из важнейших показателей теплового состояния доменной печи является содержание кремния в чугуне [1-2]. С другой стороны, нестационарность доменного процесса, его сложность и пространственная распределённость существенно осложняют задачу прогнозирования теплового состояния доменной печи в режиме реального времени.

В основе динамической модели, предназначенной для прогнозирования содержания кремния в чугуне в режиме реального времени, лежат фундаментальные знания по теории и практике современного доменного процесса, использование закономерностей процессов тепло- и массообмена, газодинамики, процессов шлакообразования в доменной плавке. При этом широко используется математическое, алгоритмическое и программное обеспечение, разработанные ранее в УрФУ для управления доменной плавкой [3-5]. При решении задачи динамики используются общие закономерности переходных процессов, полученные сотрудниками ВНИИМТ при использовании динамической модели доменного процесса [6-7], а также линеаризованная модель доменного процесса, принцип малых отклонений и натурно-математический подход, разработанный в Сибирском государственном индустриальном университете.

Применение линеаризованной модели доменного процесса и натурно-математического подхода позволяют осуществлять настройку модели на условия функционирования объекта, учесть при моделировании изменения состава и свойств железорудного сырья и кокса, дутьевых и режимных параметров доменной плавки.

Разработанная на основе этих принципов динамическая модель позволяет рассчитывать переходные процессы доменной плавки. В работах [8-9] показано, что динамические характеристики доменных печей по различным каналам воздействия изменяются и зависят существенно от вида воздействия, режимных параметров работы печей и свойств проплавленного сырья.

Созданный на основе динамической модели доменного процесса алгоритм прогнозирования учитывает изменение основных управляющих воздействий – рудной нагрузки, расхода природного газа, содержания кислорода в дутье, температуры и влажности дутья, расхода флюсов. Схема алгоритма прогнозирования содержания кремния в чугуне представлена на рисунке 1. Она включает следующие этапы:

1. Определяются средние показатели работы доменной печи за предшествующие 12 часов от текущего момента времени (базовый период). Принимается допущение, что до базового периода доменная печь находилась в стационарном установившемся состоянии.

2. На основании информации базового периода по математической модели доменного процесса УрФУ-ММК рассчитываются коэффициенты передачи по различным каналам воздействия.

3. Определяются средние почасовые значения рудной нагрузки, содержания кислорода в дутье, температуры, влажности и расхода горячего дутья, расхода природного газа в базовом периоде работы.

4. Рассчитываются переходные процессы доменной плавки по различным каналам воздействия.

5. Рассчитывается прогнозное содержание кремния в чугуне на прошедших выпусках, по которым нет информации об его измеренном значении, а также за каждый час на 10 часов вперед от текущего момента времени. При прогнозировании используется информация о трёх последних выпусках (базовые выпуски), для которых известно измеренное значение

содержания кремния в чугуна. При этом учитывается продолжительность межвыпускного периода и вес чугуна на выпусках.



Рисунок 1 – Схема алгоритма прогнозирования содержания кремния в чугуна доменной печи

При поступлении новой информации о входных и выходных переменных доменной плавки в последующее время осуществляется сдвиг базового периода и формирование нового базового и прогнозного периодов.

Для оценки качества прогнозирования используются статистические показатели, сравнивающие измеренное и прогнозируемое значения содержания кремния в чугуна. Основными показателями оценки являются:

– среднеквадратичное отклонение прогнозируемого содержания кремния в чугуна от измеряемого на выпусках:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ([Si]_i^{\text{из}} - [Si]_i^{\text{пр}})^2},$$

где n – количество выпусков, ед.;

$[Si]_i^{\text{из}}$ – измеренное содержание кремния в чугуна на i -ом выпуске, %;

$[Si]_i^{\text{пр}}$ – прогнозируемое содержание кремния в чугуна на i -ом выпуске, %.

– надежность прогнозирования, определяемая как отношение числа прогнозов с абсолютной погрешностью не более 0,05 % к общему числу сделанных прогнозов.

Эти показатели позволяют оценить точность и надежность прогнозирования.

Архитектура разработанного программного обеспечения (ПО) системы прогнозирования содержания кремния в чугуна представлена на рисунке 2. Оно состоит из модулей трех типов: обработки данных, расчетных и представления данных. Такой подход обеспечивает изолированность модулей, что существенно облегчает процесс тестирования и позволяет вести разработку модулей разных типов независимо друг от друга. Использование модуля обработки данных позволяет избежать зависимости расчетных модулей от источника данных при его из-

менении. А модули представления данных могут быть полностью переработаны с учетом новых требований, касающихся удобства использования графического интерфейса пользователя.

Программное обеспечение представляет собой веб-приложение, разработанное на языке программирования C# на базе фреймворка ASP.NET MVC с использованием программной платформы .NET Framework и её кроссплатформенной реализации .NET Core.

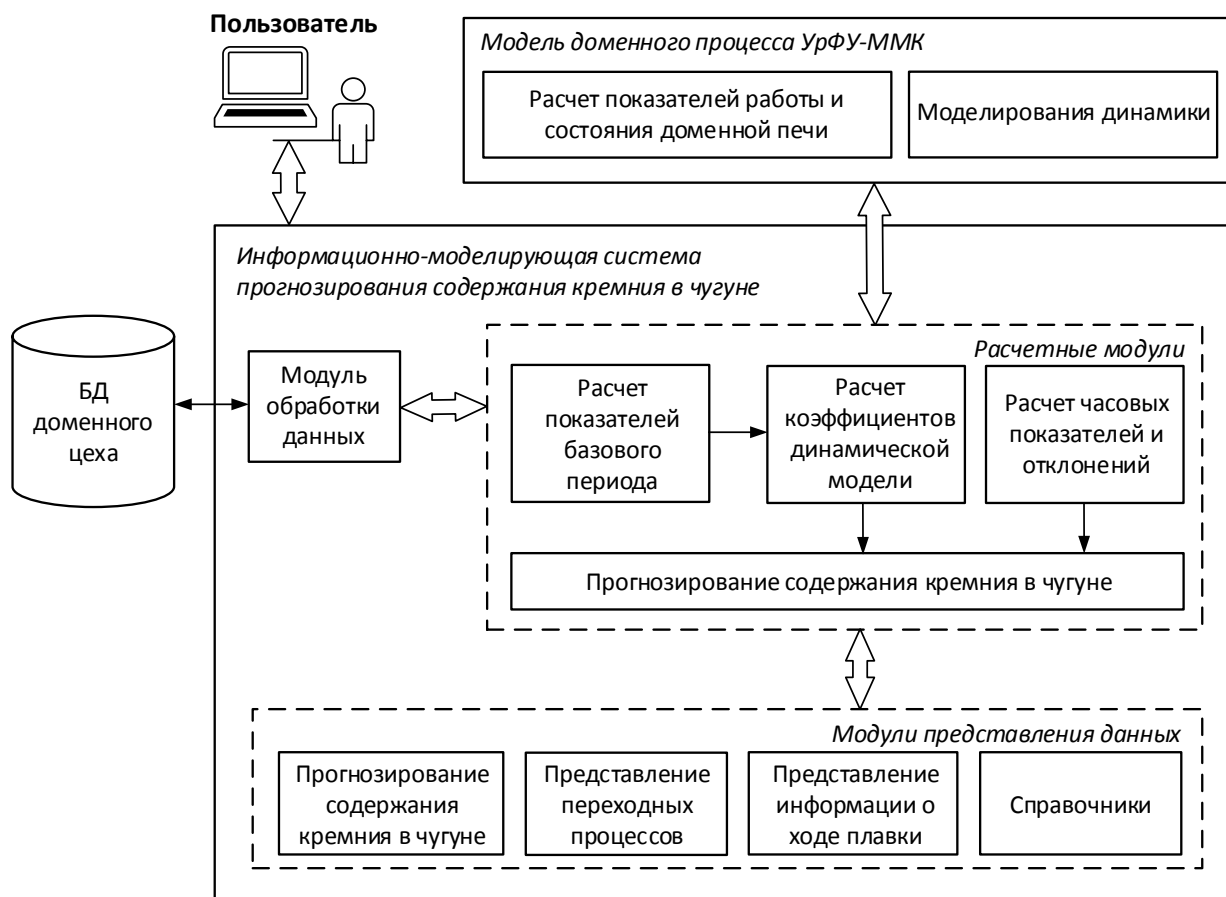


Рисунок 2 – Архитектура программного обеспечения системы прогнозирования содержания кремния в чугуна

Модуль обработки данных предназначен для получения значений контролируемых параметров, необходимых для расчетов, из базы данных АСУП доменного цеха.

Расчетные модули производят вычисления с использованием математической модели доменного процесса УрФУ-ММК с учётом динамики доменного процесса. В математической модели используются блоки расчета показателей и состояния доменной печи и моделирования динамики, комбинация которых позволяет в динамике смоделировать влияние контролируемых параметров на содержание кремния в чугуна.

Модули представления данных – это графический интерфейс пользователя, основной задачей которого является представление в наглядной форме результатов расчета.

Графический интерфейс системы состоит из 4 модулей (веб-страниц): прогнозирование содержания кремния в чугуна, представление переходных процессов, представление информации о ходе плавки и справочники.

Модуль «Представление информации о ходе плавки» предназначен для просмотра информации о средних значениях параметров доменного процесса за выбранный период.

На веб-странице «Прогнозирование содержания кремния в чугуна» (рисунок 3) отображается информация об измеренном и прогнозируемом содержании кремния в чугуна в графической и табличной формах, прогнозируемое содержание кремния на 10 часов вперед от текущего времени.



Рисунок 3 – Веб-страница «Прогнозирование содержания кремния в чугуна»

В модуле «Представление переходных процессов» возможно моделирование переходных процессов изменения содержания кремния в чугуна по различным каналам воздействия. В качестве примера на рисунке 4 представлена веб-страница с графиками переходных процессов при увеличении температуры дутья на 10 °С, расхода природного газа на 20 м³/мин, содержания кислорода в дутье на 0,5 %, рудной нагрузки на 0,1 т/т, влажности дутья на 1 г/м³ по каждому параметру и их суммарное влияние на содержание кремния в чугуна.

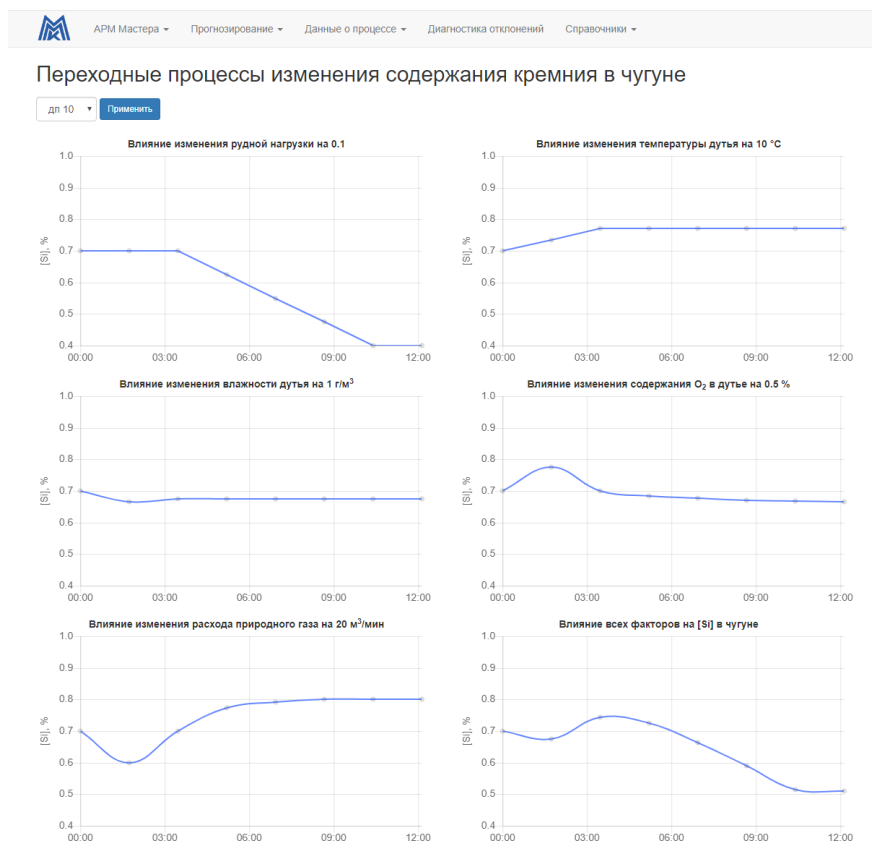


Рисунок 4 – Веб-страница «Представление переходных процессов»

Опытные испытания ПО на доменных печах ПАО «ММК» показали, что среднеквадратичное отклонение прогнозируемого содержания кремния в чугуна от измеренного **на выпусках** составляет 0,09 %, а надежность прогнозирования составляет 46 %, что указывает на удовлетворительное согласование прогнозных и фактических значений содержания кремния в чугуна.

Таким образом, разработанное ПО позволяет прогнозировать содержание кремния в чугуна в режиме реального времени и способствует принятию научно обоснованных решений по управлению тепловым режимом доменной плавки.

Библиографический список

- 1.Товаровский И.Г. Доменная плавка. Монография. – Днепропетровск, ПОРОГИ, 2009. – 768 с.
- 2.Геердес, М. Современный доменный процесс / М. Геердес, Р. Ченьо, И. Курунов [и др.]. – М.: Metallurgizdat, 2016. – 280 с.
- 3.Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю. [и др.]. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП. – Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2014. – 558 с.
- 4.Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев [и др.]. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 301 с.
- 5.Use of Model Systems for Solving New Technological Problems in Blast-Furnace Production / Pavlov A.V., Polinov A.A., Spirin N.A., Onorin O.P., Lavrov V.V. // Metallurgist. 23 October 2017, Pages 1-7.
- 6.Мойкин В.И., Бабушкин Н.М., Боковиков Б.А. Динамические характеристики доменной печи по результатам математического моделирования: темат. сб. научн. тр. МЧМ СССР (ИЧМ) «Вопросы производства чугуна в доменных печах». – М.: Металлургия, 1984. С. 46–52.
- 7.Овчинников Ю.Н., Мойкин В.И., Спирин Н.А., Боковиков Б.А. Нестационарные процессы и повышение эффективности доменной плавки. – Челябинск: Металлургия, 1989. – 120 с.
- 8.Onorin O.P., Spirin N.A., Istomin A.S., Lavrov V.V., Pavlov A.V. Features of blast furnace transient processes // Metallurgist. Volume 61, Issue 1-2, 1 May 2017, Pages 121-126.
- 9.Study of transition processes of blast-furnace smelting by the mathematical model method / N.A. Spirin, O.P. Onorin, A.S. Istomin, V.V. Lavrov, I.A. Gurin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Volume 411. Issue 1. 19 October 2018. 012073.

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМА ПРИ ПОМОЩИ СПОСОБА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ, НА ПРИМЕРЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Аниканов Д.С.¹, Кипервассер М.В.²

¹ООО «НТЦ «СШС-инжиниринг» г. Новокузнецк, Россия

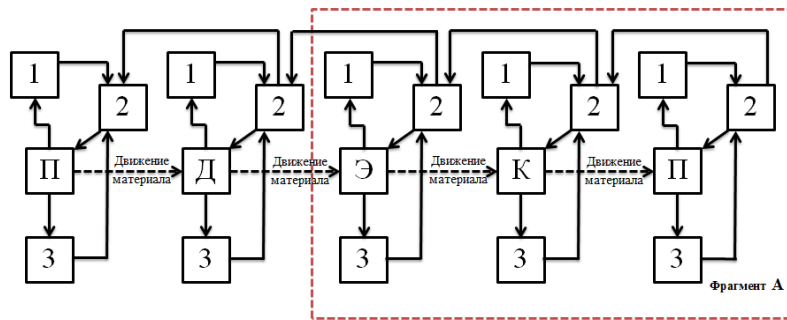
²Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Процесс обогащения (разделения) горной массы на обогатительных предприятиях направлены на улучшение свойств угля (концентрата), необходимых конечному потребителю. На обогатительных предприятиях Кузбасса реализуется несколько основных методов обогащения: механическая сортировка, флотация, гравитационное обогащение и сухой метод обогащения [1].

Количество механизмов, задействованных в процессе обогащения, определяется производительностью предприятия, а так же - используемыми методами обогащения.

Технологическая линия по обогащению полезного ископаемого может содержать до 300 единиц основного технологического оборудования. В это число входит следующее оборудование: грохоты (вибрационные, высокочастотные), дробилки (молотковые, щековые, конусные), элеваторы, центрифуги, конвейеры (скребковые, пластинчатые, ленточные), мешалки и т.д.. Все механизмы технологической линии обогащения взаимосвязаны одним технологическим процессом. Структурная схема взаимодействия последовательных агрегатов технологической линии по обогащению угля представлена на рисунке 1.

Приводным электродвигателем в большинстве механизмах используется асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором. Его распространение обусловлено простотой конструкции и приемлемыми габаритно-мощностным соотношением.



П–питатель, Д–дробилка, Э–элеватор, К– конвейер, 1–датчики контроля состояния агрегатов, узлов механизма (температура, давление и т.д.), 2–локальный или общий PLC с заданным алгоритмом работы, 3–датчики контроля технологических параметров механизма (скорость, влажность, массу и т.д.)

Рисунок 1 – Структурная схема технологической линии обогащения угля

Для технологического оборудования обогатительных предприятий характерны тяжелые режимы работы, резко-переменные нагрузки, воздействие на узлы и агрегаты абразивных частиц горной массы. Указанные обстоятельства приводят к ускоренному износу и выходу из строя узлов и агрегатов оборудования. Связанные с этим аварии и инциденты приводят к длительным простоям и снижению экономической эффективности предприятия. В этой связи диагностика в режиме реального времени состояния технологического оборудования является актуальной задачей.

Используемые методы диагностирования имеют ряд недостатков: получение информации о состоянии контролируемого узла возможно только после демонтажа и разборки агрегата; обработка полученных данных регистрирующих приборов возможна только специально обученным персоналом, значительная стоимость диагностического оборудования, недостаточная точность и чувствительность датчиков и систем обработки сигналов, невозможность локализации места появления дефекта, диагностика отдельных узлов при отсутствии контроля состояния механизма в целом.

Предлагаемый способ функциональной диагностики [2] основан на анализе электрических величин приводного электродвигателя. В предлагаемом способе предусматривается совместное рассмотрение процессов механической и электрической части механизма. В статье возможность использования предлагаемого способа показана на примере механизма ленточного конвейера.

Электрическая часть в составе приводного асинхронного электродвигателя описывается системой уравнений (1) в неподвижных α, β координатах [3]:

$$\begin{cases} u_{S\alpha} = r(1 + T_S' s) i_{S\alpha} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} - k_R p \omega_m \psi_{R\beta} \\ u_{S\beta} = r(1 + T_S' s) i_{S\beta} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} + k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}; \\ 0 = -k_R R_R i_{S\alpha} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\alpha} + p \omega_m \psi_{R\beta}; \\ 0 = -k_R R_R i_{S\beta} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\beta} - p \omega_m \psi_{R\alpha}; \\ M = \frac{3}{2} p k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}); \\ J s \omega_m = M - M_H. \end{cases} \quad (1)$$

где $\bar{T}'_S = \frac{L'_S}{r}$.

Механическая часть, представленная в виде много массовой системой с гибкими связями описывается системой уравнений (2):

$$\left\{ \begin{array}{l} J_1 \frac{dw_1}{dt} + C_1 (\varphi_1 - \varphi_{M1}) = M_{об} \\ J_{M1} \frac{dw_{M1}}{dt} - C_1 (\varphi_1 - \varphi_{M1}) + C_2 (\varphi_{M1} - \varphi_p) = -M_{M1} \\ J_p \frac{dw_p}{dt} - C_2 (\varphi_{M1} - \varphi_p) + C_3 (\varphi_p - \varphi_{M2}) = -M_p \\ J_{M2} \frac{dw_{M2}}{dt} - C_3 (\varphi_p - \varphi_{M2}) + C_4 (\varphi_{M2} - \varphi_2) = -M_{M2} \\ J_2 \frac{dw_2}{dt} - C_4 (\varphi_{M2} - \varphi_2) + C_5 (\varphi_2 - \varphi_3) = -M_2 \\ J_3 \frac{dw_3}{dt} - C_5 (\varphi_2 - \varphi_3) + C_6 (\varphi_3 - \varphi_4) = -M_3 \\ J_4 \frac{dw_4}{dt} - C_6 (\varphi_3 - \varphi_4) + C_7 (\varphi_4 - \varphi_{хол.p}) = -M_4 \\ J_{хол.p} \frac{dw_{хол.p}}{dt} - C_{л7} (\varphi_4 - \varphi_{хол.p}) = -M_{хол.p} \end{array} \right. \quad (2)$$

Полученная динамическая модель механизма ленточного конвейера с учетом внешних воздействий, описанная системами (1, 2), была решена в среде программирования Matlab Simulink [4, 5]. Для этого была составлена функциональная схема (рисунок 2) на базе стандартных блоков библиотеки Matlab Simulink [5].

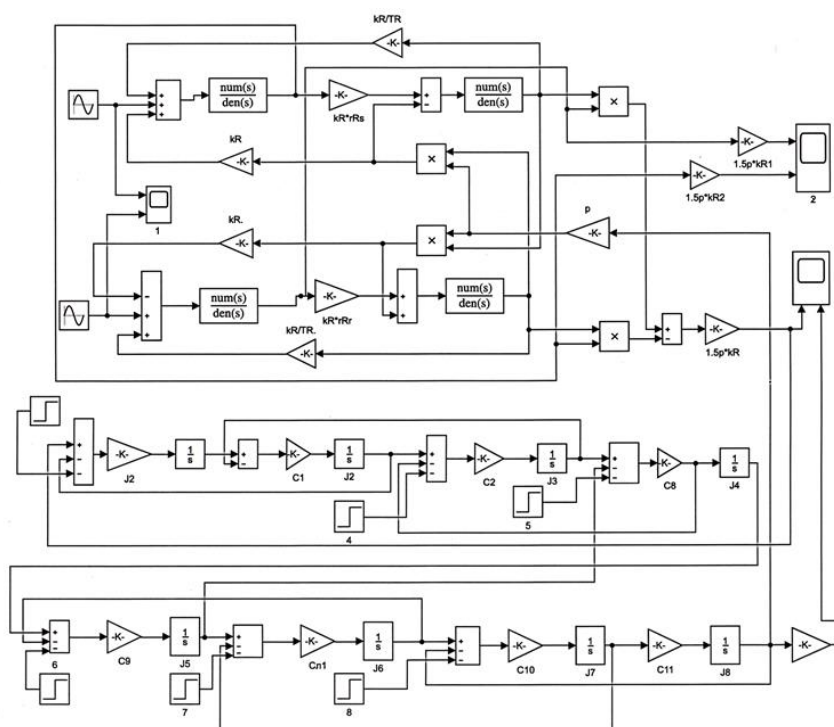


Рисунок 2 - Блок – схема электромеханической системы ленточного конвейера

Визуальный контроль параметров осуществлялся при помощи блоков Score. Блоком Score № 1 осуществлялся контроль питающего напряжения. Блоком Score № 2 осуществлялся контроль тока статора, а блоком Score № 3 контролировались моменты механической части при нагрузке. Имитирование аварийного режима работы выполнялось при помощи использования блоков Step № 4, 5, 6, 7, 8, распределенных по восьмимассовой механической части имитационной модели ленточного конвейера.

На составленной модели было выполнено моделирование по оценочным значениям ряда аварийных режимов работы механизма. Полученные результаты приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты моделирования по оценочным значениям аварийного момента

№	Аварийный режим работы	Время переходного процесса (с)	Период колебания контролируемой величины (с)	Амплитуда контролируемой величины		Состояние механизма
				Максимальное значение (А)	Минимальное значение (А)	
1	Заклинивание 1-го опорного ролика	0,2	-	41,99	41,88	Работа до устранения причин неисправности
2	Заклинивание 2-х опорных роликов	0,4	-	42,21	42,02	Работа до устранения причин неисправности
3	Заклинивание 3-х опорных роликов	0,6	-	42,43	42,18	Работа до устранения причин неисправности
4	Заштыбовка приемного бункера	0,33	0,6	46,4	41,7	Остановка до устранения причин неисправности
5	Глухое заклинивание шестерней редуктора	0,39	-	300,5		Остановка по защите электродвигателя
6	Срезание пальцев муфты	1,47	-	292,6		Работа до момента аварии
7	Поломка чистителя	0,41	0,51	42,6		Остановка до устранения причин неисправности
8	Нарушение соосности передач редуктора	0,19	0,25	42,3		Работа до устранения неисправности. Колебание контролируемой величины повторяется через 1,03 с.

Применение метода функциональной диагностики с использованием контроля электрических параметров приводного асинхронного электродвигателя позволяет идентифицировать аварийные ситуации механической части в режиме реального времени на ранних стадиях без использования дорогостоящего диагностического оборудования.

Библиографический список

1. Горная энциклопедия : энциклопедия / под ред. Е.А.Козловский - М: Советская энциклопедия, 1984. 489 с.
2. Савельев, А.Н. К обоснованию комплексного метода оценки работоспособности современных технологических объектов / А.Н Савельев, М.В.Кипервассер, Д.С.Аниканов // Изв. вуз. Черная металлургия. - 2012. - № 12. - С. 37 - 41.
3. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины / А.В.Иванов-Смоленский.- М.: Энергия, 1980. - 929 с.
4. Евтушенко В.Ф. О контроле нестационарности свойств объекта управления и его

внешних воздействий / В.Ф. Евтушенко, Г.В. Макаров, Е.В. Буркова // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2015. – № 4 (29). – С.73-85.

5. Дьяконов, В.П. SIMULINK 4. Специальный справочник / В.П. Дьяконов. - СПб.: Питер, 2002. - 528 с.

О ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Жалнин Д.А.

ООО «Регион Автоматика», г. Красноярск, Россия

Одним из условий участия тепловых электростанций (ТЭС) с поперечными связями в общем первичном регулировании частоты (ОПРЧ) является наличие работающего главного регулятора давления пара в общем паропроводе, управляющего нагрузкой группы котлов, участвующих в ОПРЧ [1]. Традиционные автоматические системы регулирования (АСР) тепловой нагрузки котлов, используемые на ТЭС с поперечными связями, не способны обеспечить требуемой динамики выдачи первичной мощности при скачкообразном изменении частоты, что может являться одной из причин аварийных веерных отключений в энергосистемах.

При традиционном подходе, для поддержания давления пара в общем паропроводе на ТЭС с поперечными связями, как правило, используется схема регулирования, когда один из котлов, работая в «регулирующем» режиме, поддерживает давление в общем паропроводе, а остальные котлы, работая в «базовом» режиме, поддерживают их заданные паровые нагрузки.

При такой схеме регулирования автоматическое изменение общей паровой нагрузки станции ограничено диапазоном возможных паровых нагрузок котла, работающего в «регулирующем» режиме, который обычно составляет 70÷100 % от номинальной производительности котла. Такой диапазон регулирования не может обеспечить изменение электрической мощности станции в 10 % от номинальной при отклонении частоты, что необходимо для участия станции в ОПРЧ.

Если для увеличения диапазона регулирования в «регулирующий» режим, включить два котла и более, то возникает эффект «раскачки» нагрузок котлов, который вызван разными динамическими свойствами котельного оборудования и отсутствием централизованного измерения давления в общем паропроводе, а также различных для разных котлов величин задания. В итоге одни котлы загружаются до максимума, а другие разгружаются до минимума. При таком подходе процесс регулирования становится невозможным.

Общепринятая структура главного регулятора (ГР), поддерживающего давление в общем паропроводе на заданной величине [2], в которой один корректирующий регулятор воздействует на задание регуляторов тепловой нагрузки (РТН) нескольких котлов, не получила распространения на ТЭС с поперечными связями по следующим практическим причинам:

- точка отбора давления в общем паропроводе одна, что не позволяет эффективно регулировать давление при разном составе работающих котлов и турбин, а также при выводе участков общего паропровода в ремонт;
- при смене состава работающих котлов требуется перенастройка главного регулятора;
- величины настроечных коэффициентов главного регулятора для всех котлов не могут быть одинаковыми, так как динамические свойства каскадного регулятора «ГР-РТН» разные для каждого котла.

С 2006 по 2008 гг. на Красноярской ТЭЦ-2 ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)» был внедрен главный регулятор, устраняющий ряд недочетов общепринятой структуры регулирования давления в главном паропроводе на ТЭС с поперечными связями [3]. Существенное отличие обновленной структуры главного регулятора заключается в том, что вместо одного корректирующего регулятора, воздействующего на группу котлов, используется несколько корректирующих регуляторов, отдельно воздействующих на каждый котел.

Технологическая схема общего паропровода Красноярской ТЭЦ-2 приведена на рисунке 1. Из схемы видно, что котлоагрегаты могут работать как на общий паропровод, так и отдельно (блочно). При блочном включении котлоагрегатов или отключении участков общего паропровода, в каждом отдельном ее участке необходимо поддерживать постоянное давление.

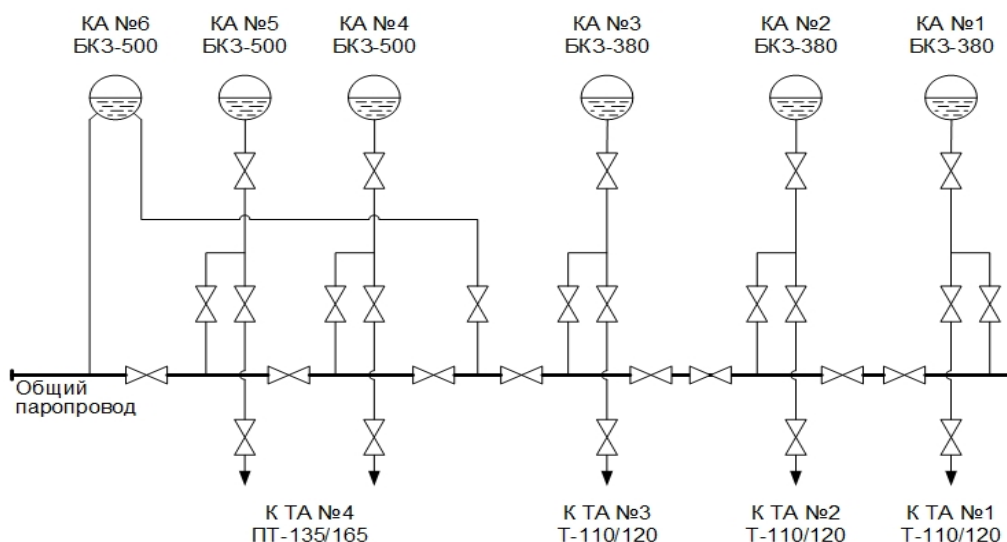


Рисунок 1 – Схема общего паропровода Красноярской ТЭЦ-2: КА – котлоагрегат; ТА – турбоагрегат

Структура обновленного главного регулятора позволила:

- Автоматически выбирать необходимые датчики давления в общем паропроводе, в зависимости от режима работы ТЭЦ;
- Рассчитывать (из показаний необходимых датчиков) среднее значение давления в общем паропроводе, которое является регулируемым параметром для группы котлов, работающих на конкретный участок общего паропровода;
- Синхронно формировать задание корректирующим регуляторам, работающим на конкретный участок общего паропровода;
- Настраивать каскад регуляторов ГР-РТН отдельно для каждого котла;
- Автоматически изменять коэффициенты корректирующих регуляторов, в зависимости от количества котлов, участвующих в регулировании давления в общем паропроводе;
- Произвольно выбирать котлы, участвующие в регулировании давления в общем паропроводе;
- Безударно вводить/выводить котлы в режим регулирования давления в общем паропроводе.

Обновленный главный регулятор был испытан сбросом и набором электрической мощности на 50 МВт, что составляет более 10% установленной электрической мощности станции. График изменения первичной мощности при проведении испытаний приведен на рисунке 2. Для восстановления давления суммарная паровая нагрузка котлов увеличилась на 225 т/час. Подобное изменение суммарной паровой нагрузки котлов в автоматическом режиме при прежних схемах регулирования давления в общем паропроводе было невозможным.

В процессе эксплуатации обновленного главного регулятора выявились следующие недостатки в его работе:

- Динамика изменения давления в общем паропроводе и расхода пара за котлом, при изменениях давления в общем паропроводе, существенно изменяются при переходах с зимних режимов работы на летние или при секционировании общего паропровода. В этих случаях необходимо корректировать настройки регуляторов, проводя испытания с изменением электрической нагрузки станции и графиков выдачи электрической мощности;
- Так как постоянные времени переходных процессов по расходу пара за котлом и по

давлению пара в общем паропроводе являются соизмеримыми величинами, то каскады ПИ-регуляторов ГР-РТН обладают колебательными свойствами, что замедляет процесс регулирования давления пара в общем паропроводе.

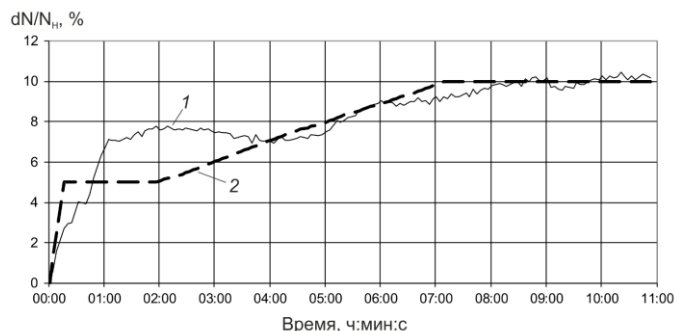


Рисунок 2 – График изменения первичной мощности ТЭС при имитации скачкообразного снижения частоты: 1 – мощность станции; 2 – динамика выдачи первичной мощности ТЭС, согласно техническим требованиям к генерирующему оборудованию участников оптового рынка [1]

Несмотря на то, что системы автоматического управления технологическими процессами на современных промышленных предприятиях выполнены на базе микропроцессорных контроллеров, их алгоритмические решения по-прежнему представляют собой жесткие параметрические структуры, не способных эффективно работать при изменении динамических характеристик объекта. Такие системы требуют постоянной перенастройки, что существенно усложняет их эксплуатацию. Так же стоит отметить сложность построения традиционных систем регулирования с использованием расширенного количества параметров, влияющих на изменение давления пара в общем паропроводе.

Выходом, устраняющим указанные недостатки традиционных систем автоматического управления, может служить применение улучшенных систем управления давлением пара в общем паропроводе, основанных на применении адаптивных непараметрических алгоритмов регулирования, использующих при формировании управляющих воздействий статистические накопленные данные, получаемые с объекта в процессе его работы [4,5]. Улучшенные схемы главного регулятора могут охватывать все необходимые контролируемые параметры, связанные с эффективным поддержанием давления в общем паропроводе.

В свою очередь для получения эффективных алгоритмов регулирования необходимо проводить модельные исследования. Так как состав работающего оборудования и секционирование общего паропровода могут быть разнообразными, то и набор параметрических моделей должен быть соответствующе разнообразным. Логично попытаться обойтись без выбора параметрической структуры модели, применив алгоритмы непараметрического моделирования. В качестве примера может быть выбрана следующая непараметрическая модель линейной динамической системы с запаздыванием [5], которая представляет собой оценку реакции системы $x_s(t)$ на входное возмущение $u(t)$ при ненулевых начальных условиях, выраженную интегралом свертки с применением непараметрических алгоритмов восстановления переходной и весовой функций объекта:

$$x_s(t) = k_s(0) \cdot u(t) + \int_0^t \frac{1}{s c_s} \cdot \sum_{i=1}^s k_i H' \left(\frac{t - \tau - t_i}{c_s} \right) \cdot u(\tau) d\tau,$$

где $k_s(0)$ – непараметрическая оценка переходной функции в начальный момент времени; $k_i, i = \overline{1, s}$ – реакция системы на ступенчатое возмущение в $t_i, i = \overline{1, s}$ момент времени (выборка измеренных данных переходной характеристики объекта); $H(\cdot)$ – колоколообразная функция; c_s – параметр размытости.

Данный непараметрический алгоритм идентификации линейных динамических систем достаточно эффективен как в случае подачи на вход ступенчатого воздействия (функции Хэвисайда), так и в условиях нормального функционирования объекта.

Применение интеллектуальных адаптивных систем управления и регулирования может решить следующие задачи:

- Распознавать тип возмущения на котельном оборудовании (внутреннее или внешнее) и принимать решение по изменению текущей нагрузки котла;
- Контролируя по общему паропроводу баланс входящего и исходящего пара, формировать управляющие воздействия до начала изменения давления в общем паропроводе;
- Распределять нагрузки по котлам наиболее оптимальным (с точки зрения КПД) образом;
- Отслеживать изменения динамических свойств объекта и корректировать величину управляющих воздействий.

Современная вычислительная техника позволяет не только накапливать и хранить большие объемы информации, получаемые с объекта, но и рассчитывать управляющие воздействия в режиме реального времени. Использование новейших информационных технологий и современных аппаратных средств при управлении сложными многосвязными объектами, решающих не только задачи управления технологическими процессами, но и задачи повышения экономических и экологических показателей предприятий, должно стать новым витком в развитии систем автоматического управления.

Библиографические ссылки

1. Технические требования к генерирующему оборудованию участников оптового рынка от 06 марта 2019. Москва. 193 с.
2. Наладка систем автоматического регулирования барабанных паровых котлов. / Клюев А.С., Лебедев А.Т., Новиков С.И. М.: Энергоатомиздат, 1985. 280 с.
3. Опыт внедрения системы регулирования давления в главной паровой магистрали на Красноярской ТЭЦ-2. / Жалнин Д.А., Шорохов В.А., Евдокимов А.Н., Бубновский О.А., Чуринов А.В. // Электрические станции, 2009 №11. С. 18-25.
4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / пер. с англ. Б. И. Копылова. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. 832 с.
5. Медведев А.В. Основы теории адаптивных систем: монография. Красноярск : Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2015. 526 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОКАРНЫМ СТАНКОМ ПО ТРЕМ ПАРАМЕТРАМ

Муслимов А.П.¹, Елеукулов Е.О.², Аталыкова А.К.²

¹*Киргизский государственный технический университет им. Раззакова,
г. Бишкек, Киргизия*

²*Алматинский университет энергетики и связи², г. Алматы, Казахстан*

Решающие проблемы современного машиностроения — повышение качества изделий и увеличение производительности труда. Одним из основных показателей качества является точность изделия. Требования к точности изделий непрерывно возрастают. Некоторые детали современных машин и приборов необходимо изготавливать с отклонениями, не выходящими за пределы допуска в 0,0002 мм.

Известно, что токарная обработка производится на высоких скоростях резания [1] и сила резания начиная со скорости 60 м/мин обычно уменьшается и продолжается до скорости резания 400-500 м/мин (рисунок 1), после чего процесс резания стабилизируется и сила резания P_z при дальнейшем увеличении скорости остается постоянной.

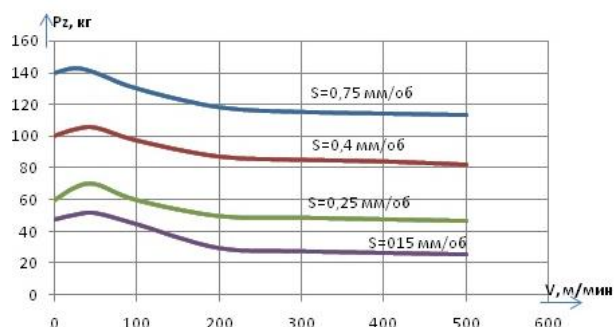


Рисунок 1 - Зависимость силы резания P_z от скорости резания при различных значениях подач

Таким образом, на основании изложенного выше, можно сделать вывод о том, что при токарной обработке для изготовления качественных изделий, необходимо стабилизировать силы резания в радиальном направлении с помощью регулирования скоростью резания и стабилизации продольной подачи инструмента.

Известно, что в высокоточных токарных станках, предназначенных для изготовления качественных деталей, перемещение суппорта осуществляется на гидростатических направляющих, что дает возможность повышения точности, виброустойчивости при широком диапазоне режимов обработки.

Важным условием эффективной работы гидростатических направляющих является поддержание величины зазора в ней, в пределах выбранной величины, не зависимо от колебания сил резания, поскольку непостоянство зазора приводит к погрешностям геометрических размеров обрабатываемых деталей.

Таким образом, возникает задача по разработке автоматической системы стабилизации зазора в гидростатических направляющих так, чтобы толщина масляного зазора в нем поддерживалась постоянной, даже при значительной динамической нагрузке на опору.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема автоматического управления режимами работ токарного станка по трем параметрам: скорости резания, подачей инструмента и зазором в гидростатических направляющих.

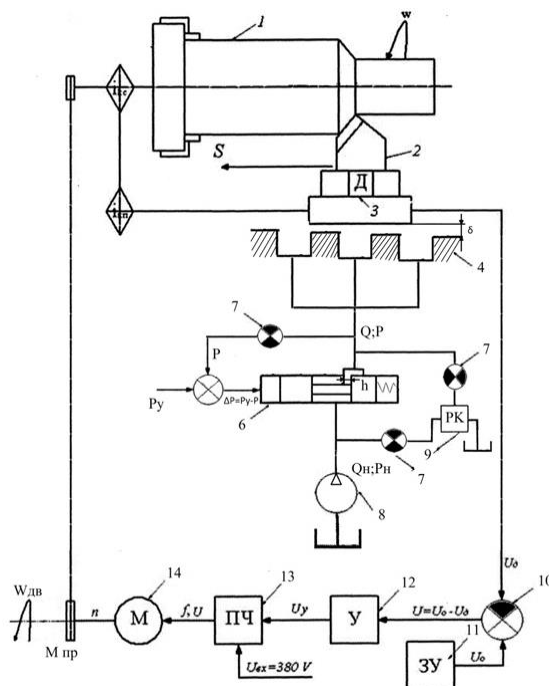


Рисунок 2 - Принципиальная схема автоматического управления режимами работ токарного станка по трем параметрам

Автоматическая система состоит из следующих элементов:

1 - обрабатываемая деталь, 2 - резец, установленный в суппорте, 3 – силометрический датчик ДСР-1, 4 – гидростатические направляющие, 5 – канал обратной связи по давлению, 6 – регулятор расхода, 7 – демпферы, 8 – насос с постоянной производительностью, 9 – редукционный клапан, 10 – сумматор, 11 – задающее устройство, 12 – усилитель, 13 – преобразователь частоты тока, 14 – электродвигатель, $i_{кк}$ – передаточное отношение коробки скоростей, $i_{кн}$ – передаточные отношения коробки подач, ω – угловая скорость вращения детали, S – подача инструмента, δ – зазор в гидростатических направляющих, Q и P – соответственно, расход и давление в гидростатических направляющих, h – величина проходной щели регулятора, P_y – управляющее давление, $\Delta P = P_y - P$ – давление рассогласования, $f_{кл}$ – площадь торца золотника регулятора, Q_n и P_n – соответственно расход и давление насоса [2].

Автоматическая система имеет два контура:

Первый контур обеспечивает регулирование скорости и подачи инструмента, второй контур – регулирование зазора в гидростатических направляющих.

Работа первого контура: при изменении величины радиальной составляющей силы резания P_y изменяется сигнал, идущий от датчика $U = U_o - U_\delta$ в усилителе усиливается по мощности до значения U_y , который воздействует на преобразователь частоты, и его выходные параметры f и n изменяют скорость вращения электродвигателя.

При этом изменяется число оборотов шпинделя с деталью таким образом, чтобы P_y была постоянной, а подача инструмента наоборот оставалась постоянной в связи с тем, что коробка подач кинематически жестко связана с коробкой скоростей, но при этом возрастает минутная подача, что существенно повышает производительность обработки изделия.

Работа второго контура: известно, что величина зазора δ в гидростатических направляющих зависит от давления в их камерах, которое в свою очередь зависит от расхода Q , поступающего из регулятора расхода.

Стабилизация зазора δ осуществляется следующим образом: при увеличении силы резания зазор δ в гидростатических направляющих уменьшается, а давление возрастает и оно по каналу обратной связи воздействует на торец золотника $f_{кл}$ и перемещает его вправо, при этом увеличиваются величина проходной щели регулятора h и расход, поступающий в гидростатические направляющие. При этом, давление в них возрастает ровно на столько, чтобы зазор δ был постоянным независимо от нагрузки.

Следует отметить, что эти два контура работают одновременно, как только происходит изменение величины сил резания, обеспечивая их стабилизацию и в конечном итоге повышения качества изготовления изделий: точность геометрических размеров, чистоту обработанной поверхности, производительности и стойкости инструмента.

Преимущества предлагаемой САУ:

1. схема предельно простая, легко реализуема в условиях производства;
2. состоит из таких стандартных нормализованных элементов - регулятор, редукционный клапан, преобразователь частоты, датчик индуктивности;
3. управление технологическим процессом по трем параметрам: скорость резания $v_{рез}$, подача инструмента $S_{под}$ и зазор δ , позволяет изготавливать качественные изделия на токарном станке (точность геометрических размеров и чистота поверхности, уменьшение шероховатости поверхности).

Данная автоматическая система управления может найти применение для модернизации парка токарных станков, а также при изготовлении новых прецизионных высокоточных станков.

Библиографический список

1. Е.И. Педь. Активный контроль в машиностроении. Справочник. – М.: Машиностроение, 1978. – 352 с.
2. Е.О. Елеукулов. Разработка системы автоматического управления для токарного станка по трем параметрам // Промышленность Казахстана. 2018. № 3(104). С. 71-74.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ВТКС

Скребнева Е.В.^{1,2}, Новоселов А.В.²

¹Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева», г. Кемерово, Россия

²ООО «КАТЭН», г. Москва, Россия

Технология сжигания углей в «кипящем слое» на узкой наклонной подвижной колосниковой решетке известна под названием высокотемпературный кипящий слой (ВТКС) [1]. Другими названиями этой технологии являются:

- высокотемпературный циркулирующий «кипящий слой» (ВЦКС);
- топки ленточные «кипящего слоя» (ТЛКС);
- топки для низкосортный углей (ТНУ).

Во всех вышеперечисленных способах сжигания углей лежит принцип сжигания Игнифлюид (Ignifluid) (рисунок 1), разработанный в середине 1950-х годов во Франции инженером А. Годелем, а отличие наблюдается только в конструктивном исполнении топочного устройства.

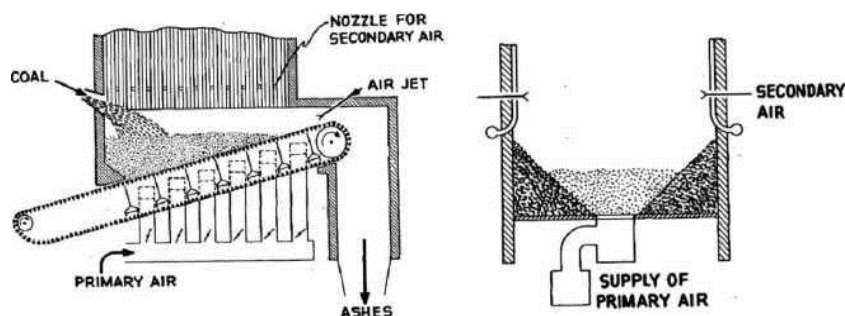


Рисунок 1 – Продольный и поперечный разрезы топки с кипящим слоем по технологии Игнифлюид

Технология ВТКС была описано А.Э. Карапетов и А.В. Роор в статье «О проблемах при внедрении технологии сжигания в высокотемпературном кипящем слое в котлах коммунальной и промышленной энергетики» [1].

Суть метода ВТКС состоит в том, что в турбулентном кипящем слое горящего в газификационном режиме твердого топлива, частицы золы вступают в контакт между собой с образованием агломератов, при это происходит отторжение угольных частиц.

Технология ВТКС обладает важными преимуществами:

- процесс сжигания ведется при температурах 1200-1400°С, что обеспечивает высокую скорость гетерогенных реакций;
- обеспечивает в шлаке низкое содержание остаточного углерода (порядка 5%);
- частицы золы уноса, возвращаемые в «кипящий слой», участвуют в образовании агломератов и, выводятся из топки в виде шлака;
- ступенчатое сжигание угля способствует минимизации выбросов оксидов азота (NO_x) и общего избытка воздуха в дымовых газах.

Для реализации этих преимуществ должен быть соблюден ряд условий:

- при сжигании угля в «кипящем слое» необходимо поддерживать восстановительную атмосферу. Это можно достигнуть ограничением доли (до 50% от общего) первичного воздуха, подаваемого под решетку;

- газификационный режим сжигания угля должен проходить в турбулентном слое. Для этого необходимо поддерживать скорость газового потока на уровне 4-5 м/с, а также клинообразную форму самого «кипящего слоя», которая обеспечивает интенсивную внутреннюю циркуляцию частиц;

- под активными зонами решетки необходимо поддерживать давление воздуха на уровне 3000 Па;

- температура «кипящего слоя» должна быть выше температуры начала деформации золы сжигаемого топлива. Это условие для большинства углей соблюдается.

С течением времени технология ВТКС совершенствовалась параллельно с развитием технологий автоматизации, приборов учета и программного обеспечения.

Система управления и автоматического регулирования процесса горения в технологии сжигания топлива ВТКС должна обеспечивать поддержание вышеуказанных условий и необходимых параметров теплоносителя на выходе, а также осуществлять круглосуточный контроль температуры внутри отопительной системы.

Современные системы автоматизации угольных котельных гарантируют эффективную и безаварийную эксплуатацию теплоэнергетического оборудования без непосредственного вмешательства оператора, функции которого сводятся к онлайн-мониторингу.

Основными функциями системы управления и автоматического регулирования процесса горения являются:

- прекращение подачи топлива при отклонении технологических параметров от нормы и при исчезновении напряжения;

- световая и звуковая сигнализация при отклонении технологических параметров от нормы и запоминание первопричины аварии;

- автоматическое регулирование разряжения в топке, поддержание давления воздуха, содержание кислорода;

- контроль уровня воды в барабане котла, давления пара в барабане котла, мазута (газа) перед горелкой;

- контроль температуры уходящих газов и воды, ее расход и давление.

Компания «КАТЭН» разработала проект по реконструкции, монтажу и автоматизации котельной установки АО «Разрез Тугнуйский», расположенного в поселке Саган-Нур, Мухоршибирского района республики Бурятия, обеспечивающей тепловой энергией поселок Саган-Нур и ООО «Обогащительная фабрика Тугнуйская».

Задача состояла в разработке системы автоматического управления технологическим процессом, а также монтажа оборудования с проведением пуско-наладочных работ котельной установки модели КВ-Р-23,26-150 Ф на кипящем слое.

Важным аспектом данного проекта было отсутствие возможности ручного управления и регулирования параметров вывода и поддержание котла в рабочем режиме.

Специалистами компании были разработаны схемы управления оборудования на основе контроллера компании ОВЕН (ПЛК-110).

Были спроектированы и смонтированы на собственной базе шкафы силовой части (рисунок 2) и автоматического управления технологическим процессом (рисунок 3). В комплектации шкафов использовалось оборудование следующих компаний: «ОВЕН», «ОЕЗ», «МОХА», «Взлет», «Schneider Electric», «Finder».



Рисунок 2 – Шкаф силового оборудования (двухсторонний)



Рисунок 3 – Компоновка и лицевая панель шкафа управления

Внедрение современных систем автоматизации позволило:

- производить мониторинг всех параметров котельной установки непосредственно на панели оператора (рисунок 4);

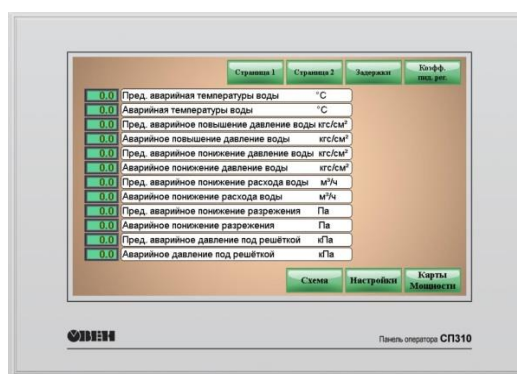
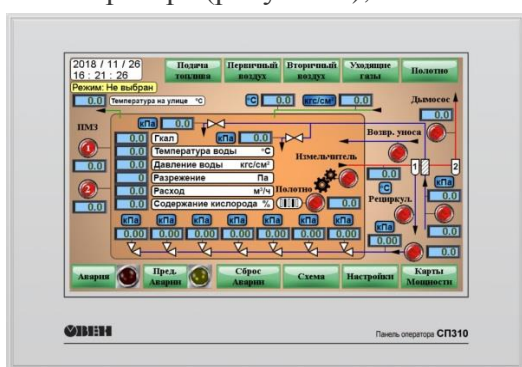


Рисунок 4 – Пользовательский интерфейс ОВЕН (СП310)

- снизить затраты времени на растопку котла (20-60мин.);
- повысить мощностную маневренность котла (20-100%);
- увеличить разновидность сжигаемого топлива;
- сократить энергопотребление котла в работе;
- свести участие человека в технологическом процессе к минимуму;
- повысить безопасность эксплуатации.

Библиографический список

1. Карапетов А.Э., Роор А.В. О проблемах при внедрении технологии сжигания в высокотемпературном кипящем слое в котлах коммунальной и промышленной энергетики [Текст]. // Новости теплоснабжения. 2016. №8 (192).
2. Бондарев А.В. Концептуальные основы создания автоматизации котлов малой мощности с кипящим слоем при строительстве и реконструкции угольных котельных [Электронный ресурс] // ИВД. 2018. №4 (51). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kontseptualnye-osnovy-sozdaniya-sistem-avtomatizatsii-kotlov-maloy-moschnosti-s-kiptyaschim-sloem-pri-stroitelstve-i-rekonstruktsii> (дата обращения: 03.10.2019).

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ ООО «ШАХТА №12»

Шипунов М.В.¹, Грачев В.В.², Ивушкин К.А.³, Файрушин Ш.А.⁴,
Мышляев Л.П.¹, Макаров Г.В.²

¹ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк

²Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

³ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк

⁴ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово

Шахта № 12 (г. Киселевск, Кемеровская область) – старейшее из действующих угледобывающих предприятий России. С 1917 года ведет разработку участка недр юго-восточной части Киселевского каменноугольного месторождения. С угольного предприятия зародился рабочий поселок, ставший городом Киселевском.

В 2013 году было принято решение о развитии направления открытых горных работ и прекращении сверхкатегорийной опасной подземной добычи. Годовой уровень добычи угля марок К и Т - более 730 тыс. тонн.

В настоящее время ведется строительство новой современной обогатительной фабрики (ОФ) ООО «Шахта № 12» производственной мощностью переработки рядовых углей 4 млн тонн в год.

Среди основных проектных и технологических решений ОФ ООО «Шахта № 12» можно отметить [1-2]:

- применение методов обогащения углей, дающих низкую энергоемкость производства;
- оптимальное сочетание отечественного и зарубежного оборудования с его объединением в эффективную и высоконадежную структуру;
- гибкость технологической схемы, обеспечивающая возможность изменения структуры объекта, выбора и реализации рациональных схем и режимов процесса обогащения;
- экологичность и безопасность всего производства, достигаемые применением закрытых складов рядовых углей и концентратов, замкнутого цикла оборота воды, исключением традиционных процессов сушки концентрата;
- высокий уровень автоматизации агрегатов, технологических процессов и в целом всего производства с применением современных программно-технических средств.

Основная цель создания системы автоматизации управления (САУ) ОФ ООО «Шахта № 12» – повышение эффективности управления технологическим комплексом и, вследствие этого, улучшение технико-экономических показателей его функционирования:

- снижение удельных затрат на производство и увеличения выхода годного продукта;
- повышение качества товарной продукции.

Достижение поставленной цели обеспечивается по следующим направлениям:

- 1) автоматизация информационных и управляющих функций при решении задач:
 - оперативного формирования и анализа информации об изменениях режимов функционирования и состоянии технологических процессов, агрегатов и оборудования, потреблении электрической и тепловой энергии;
 - оперативной согласованной коррекции заданий на режимные параметры технологических процессов;
 - оперативной реализации управляющих решений и регулирования технологических параметров;
 - контроля, учета и анализа нарушений технологической и производственной дисциплины, эффективности управления;
- 2) повышение надежности системы автоматизации управления технологическим комплексом, оперативности и качества контроля и управления за счет:
 - применения современных технических средств, методов и алгоритмов автоматического контроля, анализа, диагностики состояния и управления технологическими процессами

и оборудованием;

- комплексного и детального отображения информации о состоянии оборудования и агрегатов, изменениях технологических параметров, действий оперативного персонала в системе;
- использования в качестве технической базы на нижнем уровне системы современных микропроцессорных контроллеров, обладающих высокой надежностью, большими сроками наработки на отказ, простотой замены вышедших из строя элементов, расширения технической структуры, модификации математического и программного обеспечения;
- минимизации количества малонадежных электромеханических устройств в локальных системах логического контроля и управления отдельными механизмами и агрегатами.

Укрупненная функциональная структура объединенного автоматизированного технологического комплекса ОФ ООО ОФ «Шахта №12» изображена на рисунке 1. В ее состав входят следующие основные системы:

1) система автоматизации управления погрузочно-складским комплексом (САУ ПСК) ОФ ООО «Шахта № 12», включающая:

систему централизованного сбора, обработки и хранения информации;

систему инженерного сопровождения ПСК;

автоматизированную систему оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) комплексом котельной;

АСОДУ комплексом погрузки;

АСОДУ насосной станцией;

САУ комплексами котельной, погрузки, складом углей;

локальные САУ очистных сооружений, насосной станцией;

2) система автоматизации управления обогатительной фабрикой ООО «Шахта № 12», включающая:

систему централизованного сбора, обработки и хранения информации ОФ;

систему управления производственными процессами;

систему инженерного сопровождения ОФ;

АСОДУ технологическим комплексом обогатительной фабрики (АСОДУ ТК ОФ);

САУ складом рядового угля;

САУ углеприемом;

САУ главным корпусом ОФ;

САУ сушильно-топочным отделением;

САУ вагоноопрокидывателем.

Интеграция существующей САУ ПСК и проектируемой САУ ТК ОФ и создание объединенного автоматизированного технологического комплекса ОФ обеспечивается путем [3-5]:

- создания единого информационного пространства в системе централизованного сбора, обработки и хранения информации и в автоматизированной системе оперативно-диспетчерского управления технологическим комплексом фабрики, общей дисциплины визуализации данных и диспетчерского управления;

- включения в состав математического обеспечения САУ алгоритмов управления согласованием технологических режимов и взаимной блокировкой оборудования в точках сопряжения существующего погрузочно-складского комплекса и проектируемого технологического комплекса обогатительной фабрики;

- частичного использования программно-аппаратных средств САУ ПСК для реализации функциональных систем САУ ТК ОФ.

Схема укрупненной технической структуры САУ ОФ ООО «Шахта №12» представлена на рисунке 2. Аппаратная реализация системы выполнена на базе микропроцессорных программируемых контроллеров, серверов, дискового массива, персональных компьютеров, НМИ-терминалов, ноутбука, принтера, коммутаторов и преобразователей интерфейсов.

Данный комплекс технических средств достаточен для выполнения всех автоматизированных функций. Технические средства САУ ОФ оснащены стандартными интерфейсами и протоколами обмена, что позволяет при необходимости «бесшовно» интегрировать их с другими системами.

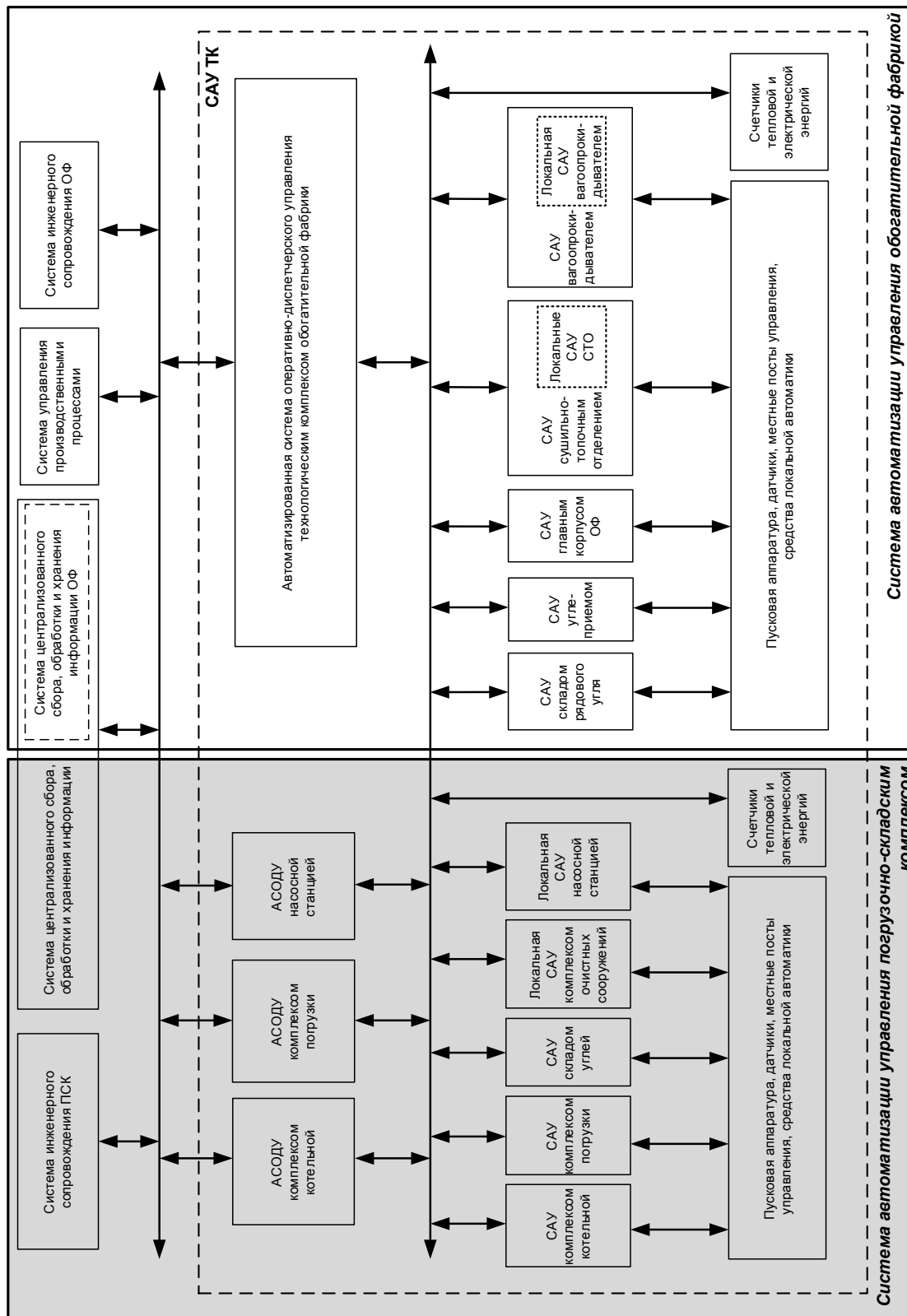


Рисунок 1 – Схема функциональной структуры объединенного автоматизированного промышленного комплекса ОФ «Шахта №12»

Аппаратная реализация систем верхнего уровня САУ ОФ выполнена на базе серверов, персональных компьютеров, ноутбука, принтера, дискового массива и коммутаторов корпорации Hewlett-Packard (США), НМИ-терминалов корпорации Omron (Япония) и сетевого оборудования компании MOXA (Тайвань).

Система централизованного сбора, обработки и хранения информации состоит из двух физических серверов виртуализации (основного и резервного) и дискового массива. Каждый из серверов виртуализации реализован на базе сервера HP Proliant DL360G10 с двумя процессорами XEON. На каждом сервере расположены пять виртуальных машин:

–IAS1: основной сервер объектов Wonderware Application Server, основной сервер ввода-вывода Device Integration Server, Kepware OPC Server;

–IAS2: резервный сервер объектов Wonderware Application Server, резервный сервер ввода-вывода Device Integration Server, Kepware OPC Server;

–IDE: сервер разработки Wonderware Development Studio, программное обеспечение подготовки отчетности Dream Report;

–History: сервер предыстории Historian Server;

–GR: сервер лицензирования, хранилище проекта Galaxy Repository.

Для начальной настройки серверов ОФ используется консоль HP LCD 8500 и KVM-переключатель HPE 0 x 1 x 8 G3.

Дисковый массив реализован на базе HP MSA 1050 с жесткими дисками на 600 Gb, объединенными в RAID-массив для исключения потери информации в случае выхода из строя одного из накопителей. Основная функция дискового массива HP MSA 1050 – это повышение отказоустойчивости и гибкости системы.

При нормальном функционировании системы осуществляется функция миграции виртуальных серверов (IAS1, IAS2, IDE, History, GR) на дисковый массив. Поставщиком данных для АРМов является основной сервер виртуализации Srv1. В случае выхода из строя основного сервера виртуализации происходит автоматическая миграция его виртуальных машин на резервный сервер Srv2, находящийся в «горячем» резерве. Такой вариант резервирования обеспечивает повышенную отказоустойчивость системы и сохранность данных, исключая потерю производственной информации.

Система управления производственными процессами реализуется в виде АРМов специалистов инженерно-технической и планово-экономической служб фабрики.

АРМы специалистов реализуются на базе персональных компьютеров HP ProDesk 400 G5 SFF с 27” LCD-мониторами (всего 5 АРМов) и располагаются в АБК, в помещениях соответствующих специалистов инженерно-технической и планово-экономической служб фабрики.

Система инженерного сопровождения ОФ предназначена для инструментальной поддержки эксплуатации существующего и проектирования дополнительного информационного и программного обеспечения контроллеров, серверов, АРМов, НМИ-терминалов операторов в процессе поиска рационального технологического регламента, наладки, последующего развития и модернизации САУ ОФ. Система представлена стационарным АРМом инженера (персональный компьютер), реализованным на базе HP ProDesk 600 G4 с 32” LCD-монитором и мобильным АРМом инженера (ноутбук), реализованным на базе HP 15-bs017ur с 15.6" LCD-экраном. АРМы инженера располагаются в АБК, в помещении АСУ ТП.

Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления технологическим комплексом ОФ представлена пультом диспетчера ОФ с двумя АРМаами диспетчера ОФ (основным и резервным) и сетевым принтером, пультом оператора сушильно-топочного отделения с АРМом оператора СТО, а также пятью пультами управления ПУ10-ПУ14 операторов.

Пульт диспетчера ОФ реализуется на базе стандартного пульта фирмы «КонсЭрго» серии 200, на котором расположены два АРМа диспетчера ОФ (основной и резервный) и сетевой принтер, а также монтируется аппаратура для оперативно-диспетчерского контроля и управления. Пульт диспетчера ОФ располагается в помещении диспетчерской АБК.

Каждый из АРМов диспетчера реализован на базе персонального компьютера HP ProDesk 600 G4 с двумя 32" LCD-мониторами. В штатном режиме поставщиком производственных данных реального времени для АРМов диспетчера является виртуальный сервер IAS1 физического сервера ОФ. В случае выхода виртуального сервера IAS1 из строя происходит автоматическое переключение на резервный сервер IAS2, находящийся в «горячем» резерве, что исключает простои оборудования и потерю производственной информации. Переключение диспетчерских АРМов на резервный виртуальный сервер происходит без пауз и задержек. В случае выхода из строя основного АРМа диспетчера ОФ задействуется резервный, находящийся в «горячем» резерве.

Пульт оператора СТО реализуется на базе пульта компании Rittal и располагается в помещении оператора сушки. На пульте оператора СТО расположен АРМ оператора СТО, реализованный на базе персонального компьютера HP ProDesk 600 G4 с двумя 32" LCD-мониторами, а также монтируется аппаратура для оперативно-диспетчерского контроля и управления.

Пульты управления операторов реализованы на базе HMI-терминалов с сенсорными экранами компании Omron.

Пульты управления операторов тяжелосредних установок, флотомашин и бункера породы создаются на базе HMI-терминалов Omron серии NS с диагональю 15", устанавливаемых в герметичных пультах Rittal и размещаемых на соответствующих рабочих местах операторов.

Пульт управления оператора разгрузки кека создается на базе HMI-терминала Omron серии NS с диагональю 10", устанавливаемого в герметичном пульте Rittal, размещенном на соответствующем рабочем месте оператора.

Аппаратная реализация систем нижнего уровня САУ ОФ выполнена на базе контроллеров серии CJ2 корпорации Omron (Япония) и сетевого оборудования компании MOXA (Тайвань).

Функциональные возможности и технические характеристики этих контроллеров в полной мере соответствуют задачам их применения в САУ ОФ.

Системы нижнего уровня строятся с использованием контроллеров, связанных между собой с помощью информационной сети по протоколу Ethernet/IP, с переходом на оптоволоконный кабель для подключения контроллеров, расположенных в других распределительных пунктах.

Для подключения внешних устройств и автономных систем с интерфейсом RS485 (протокол Modbus) используются соответствующие коммуникационные модули Omron.

Обмен информацией между контроллерами, с устройствами, подключенными по RS485 к соответствующим коммуникационным модулям контроллера Omron, с АРМами, с серверами ОФ, с операторскими HMI-терминалами осуществляется посредством информационной сети по протоколам Ethernet и Ethernet/IP.

При исчерпании резерва каналов ввода/вывода контроллера CJ2 добавляется корзина удаленного ввода/вывода, организованная на базе модулей NX, и подключается к контроллеру посредством Ethernet/IP с помощью соответствующего коммуникационного модуля NX-EIC202.

В качестве базового программного обеспечения САУ ОФ ООО «Шахта №12» выбраны:

- пакет Wonderware System Platform компании Wonderware – структурного подразделения корпорации Schneider Electric (Франция);
- система виртуализации vSphere компании VMware (США);
- модульный OPC сервер Kerware OPC Server компании Kerware (США);
- программное обеспечение составления отчетов Dream Report компании Ocean Data Systems (Израиль);
- программное обеспечение CX-One для настройки, конфигурирования, программирования и отладки оборудования автоматизации компании Omron (Япония).

Базовое программное обеспечение САУ ОФ строится по модульному принципу, является максимально открытым и включает в себя следующие программные продукты:

- средства ввода-вывода данных (Device Integration Server, Kerware OPC Server);
- системная платформа (Wonderware System Platform);

- система виртуализации (VMware vSphere);
- средства архивации и хранения предыстории (Wonderware Historian Server);
- программное обеспечение для анализа данных и подготовки отчетности (Wonderware Historian Client, Dream Report);
- программное обеспечение сбора и обработки производственных данных (Wonderware Application Server);
- средства визуализации данных (Wonderware Supervisory Client);
- программное обеспечение разработки и сопровождения системы (Wonderware Development Studio, CX-One).

В системе управления ОФ ООО «Шахта №12» предусмотрены три режима управления технологической схемой:

- автоматическое управление (режим «Автомат» – основной режим, при котором автоматически реализуются все информационные и управляющие функции);
- дистанционное управление (режимы «Дистанция», «Локальный Дистанция»), при котором системой автоматически реализуются все информационные функции, но управление каждым агрегатом (включение/выключение) выполняется диспетчером;
- местное управление (режимы «Местный», «Локальный Местный» – вспомогательные, наладочные), при котором автоматически реализуются все информационные функции, а управление каждой отдельной позицией оборудования осуществляется по командам с местных постов управления.

Выбор режима управления технологическим комплексом «Автомат», «Дистанция», «Местный» осуществляется с помощью пульта управления диспетчера ОФ.

Проектирование САУ ОФ «Шахта №12» производится в очень сжатые сроки – 5-6 месяцев, при стандартном сроке проектирования в 9-12 месяцев. Это стало возможным, за счет параллельного, одновременного выполнения ряда проектных работ, применения типовых проектных решений и использования сред автоматизированного проектирования.

Работа выполнена по Госзаданию Минобрнауки России N8.8611.2017/8.9.

Библиографический список

1. Сазыкин Г.П. Проектирование и строительство углеобогачительных фабрик нового поколения / Г.П. Сазыкин, Б.А. Синеокий, Л.П. Мышляев. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003 – 126 с.
2. Мышляев Л.П. Автоматизация управления углеобогачительными фабриками / Л.П. Мышляев, С.Ф. Киселев, А.А. Ивушкин и др. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 304 с.
3. Грачев В.В. Особенности разработки информационного обеспечения систем автоматизации углеобогачительных фабрик нового поколения / В.В. Грачев, М.В. Шипунов, К.А. Ивушкин, А.В. Циряпкина // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды X Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). – Новокузнецк: СибГИУ, 2015. – С. 90 – 95.
4. Грачев В.В. Программное обеспечение систем автоматизации управления промышленными комплексами / В.В. Грачев, М.В. Шипунов // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной отраслях: Труды Шестой Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2014. – С. 226 – 232.
5. Ляховец М.В. Модернизация автоматизированной системы управления технологическими процессами обогащения в условиях реконструкции обогатительной фабрики / М.В. Ляховец, К.Г. Венгер, Л.П. Мышляев, М.В. Шипунов, В.В. Грачев, Г.В. Макаров, М.Ю. Мелкозеров // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2019. – №5 – С. 295 – 299.

АПРОБАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДИАМЕТРА ДИАФРАГМЫ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Казаков В.А., Вебер А.В.

Самарский государственный технический университет, г. Самара.

Введение

Расходомеры переменного перепада давлений со стандартными сужающими устройствами пригодны для измерений расхода любых сред при самых различных давлениях и температурах.

Метод измерения расхода расходомером переменного перепада давления основан на том, что поток вещества, протекающего в трубопроводе, неразрывен, и в месте установки сужающего устройства скорость его увеличивается. При этом происходит частичный переход потенциальной энергии давления в кинетическую энергию скорости, вследствие чего статическое давление в месте сужения будет больше, чем за суженным сечением. Разность давлений перед суженным участком и в месте сужения, называется перепадом давления. По перепаду можно определить величину расхода протекающего вещества.

Необходимость применения анализа измерительных процессов для диаметра диафрагмы служит главной составляющей при определении качества. Достоверность получаемых результатов основывается на методе анализа измерительных процессов (MSA – Measurement Systems Analysis). Это метод, позволяющий дать заключение относительно приемлемости используемой измерительной системы через количественное выражение её характеристик. Под измерительной системой подразумевается совокупность приборов, стандартов, операций, методов, персонала, компьютерных программ, используемых для придания количественных значений измеряемым величинам. Задачей измерительной системы является получение данных, анализ которых применяется для принятия управленческих решений в отношении продукции или процессов.

Измерительная система состоит из:

- измеряемой детали;
- измерительного прибора;
- сотрудника (оператора прибора);
- стандарта / эталона (то, с чем сравниваются показания прибора);
- условий окружающей среды, в которых функционирует прибор (влажность, давление, температура);
- процедуры измерения.

Данный метод позволяет выявить возможные ошибки измерения, влияющие на принятие решений о продукте или процессе.

1. Стабильность измерительного процесса

Первоначальным шагом в проведении этого анализа является выбор одного изделия. В эксперименте должны участвовать два штатных оператора лаборатории, которые осуществляют по два измерения в день, каждое по 4 раза. Общее количество измерений должно быть осуществлено 20 раз. Поэтому, по истечении 5 дней все результаты должны быть переданы специалистам технической группы для дальнейших вычислений.

Полученные расчеты и результаты, представлены на рисунке 1.

По результатам представленной контрольной карты видно, что процесс находится в стабильном состоянии, следовательно, можно переходить к дальнейшим исследованиям.

2. Анализ смещения и линейности смещения измерительного процесса

Следующим шагом служит определение смещения и линейности смещения измерительного процесса, для выявления разницы между истинными значениями и измеренными. Для этого эксперимента требуется отобрать изделие, которое было измерено при мощи высокоточных технических средств измерительной техники. И каждое из них измерить поряд-

ком 10 раз одним штатным оператором.

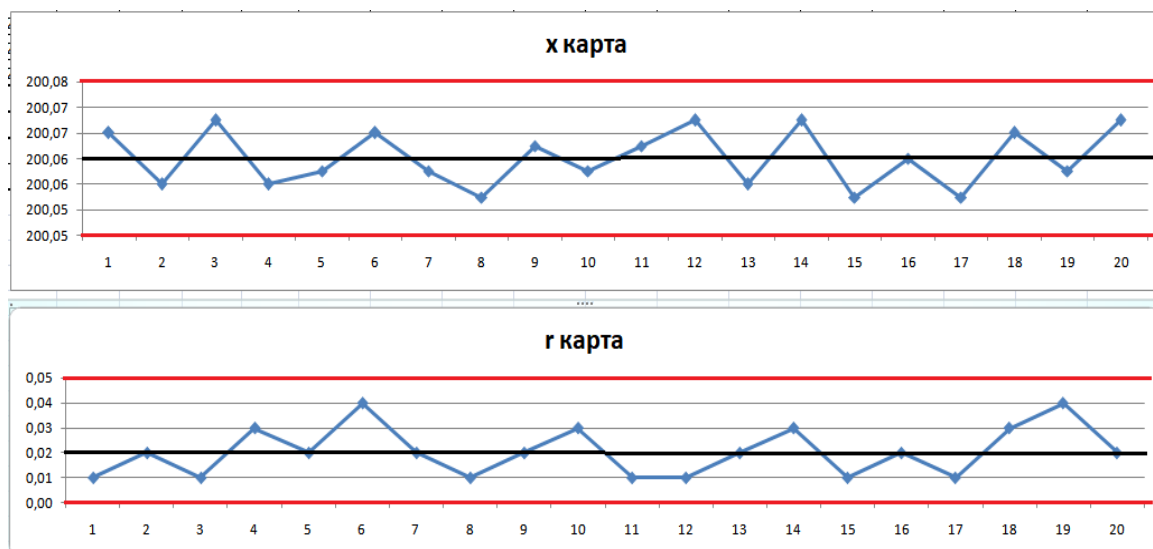


Рисунок 1 - Контрольная карта средних и размахов

Полученные расчеты и результаты, представлены на рисунке2.

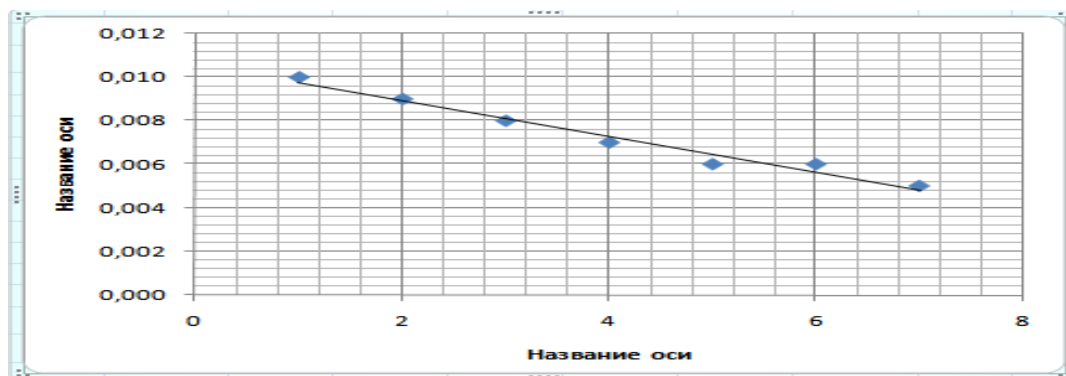


Рисунок 2 – График смещения и линейности смещения

По графику смещения и линейности смещения измерительного процесса, можно сделать вывод о линейности, что свидетельствует о сильной связи.

3. Анализ сходимости и воспроизводимости методом средних и размахов

Для начала анализа следует отобрать контролируемые изделия порядка 10 штук. В измерениях учувствуют 3 штатных оператора лаборатории, которые в порядке очереди проводят замеры каждого изделия случайным образом по 3 раза. По завершении всех измерений операторы передают результаты специалистам для проведения необходимых расчетов. Все расчеты были получены в специальной программе MSA. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Отчет результатов сходимости и воспроизводимости метод средних и размахов

Составляющая изменчивости	Оценка СКО	Оценка составляющей изменчивости (5 СКО)	Доля полной изменчивости	Изменчивость относительно поля допуска
Сходимость (повторяемость, изменчивость ИС)	0,0009	0,057	6,5%	12,6%
Воспроизводимость (изменчивость от оператора)	0	0	0,2%	0,4%

Продолжение таблицы 1

Составляющая изменчивости	Оценка СКО	Оценка составляющей изменчивости (5 СКО)	Доля полной изменчивости	Изменчивость относительно поля допуска
Сходимость и воспроизводимость	0,0009	0,057	4,5%	12,6%
Изменчивость параметра образца	0,038	0,231	99,9%	214,2%
Полная изменчивость измерительного процесса	0,040	0,238	100,0%	214,7%
Рекомендации по оценке измерительного процесса по значению сходимости и воспроизводимости				
менее 10%	от 10% до 30%		более 30%	
Измерительный процесс приемлем	Измерительный процесс может быть приемлем в зависимости от важности параметра, стоимости прибора и т.п.		Измерительный процесс не приемлем и нуждается в улучшении. Найдите и устраните причины высокой изменчивости	

Выводы:

1. Сходимость и воспроизводимость измерительного процесса относительно полной изменчивости = 4,5%

2. Сходимость и воспроизводимость измерительного процесса относительно допуска = 12,6 %

Результаты анализа сходимости и воспроизводимости по методу средних и размахов показал, что он может быть приемлем, поскольку измерительный процесс равен 12,6%, который входит в диапазон приемлемости измерительного процесса от 10% до 30%.

4. Техничко-экономические показатели

По ГОСТу можно ошибиться в диаметре диафрагмы не более, чем на 0,1%.

Метод MSA, который мы используем, более точный и позволяет создать диафрагму с разницей 0,07%. Чтобы определить точность измерения расхода при внедрении метода, необходимо взять нижнюю границу диафрагмы 199,96 (по методу MSA) и нижнюю границу диафрагмы 199,87 (без метода).

Рассмотрим два варианта расчета:

1) без метода MSA

$\Delta p = 2,015$ кПа – перепад давления,

$D = 199,87$ мм – диаметр диафрагмы.

Расход воды G ($m^3/ч$) выразим из формулы расчета диаметра диафрагмы:

$$D = 10 * \left(\frac{G}{\Delta p} \right)^{0,15} \quad (1), \text{ тогда}$$

$$\left(\frac{G}{\Delta p} \right)^{0,15} = \frac{D}{10} \rightarrow \frac{G^{0,5}}{\Delta p^{0,15}} = \frac{D}{10}$$

$$G^{0,5} = \frac{D + \Delta p^{0,25}}{10} \quad (2)$$

$$G = \frac{D^2 * \Delta p^{0,5}}{100} \quad (3)$$

$$G = \frac{199,87^2 * 2,05^{0,25}}{100} = \frac{39948,0169 * 1,1914}{100} = 475,9529 (m^3 / ч) \quad (4)$$

1 м³ воды стоит 11,32 руб. Посчитаем расход воды за сутки и за месяц.

За сутки – 11422,8696 (м³/сутки)

За месяц – 342686,1 (м³/месяц)

В результате, без внедрения метода расходы за месяц составят 4084818,168 (руб).

2) с методом MSA

$\Delta p = 2$ кПа – перепад давления,

$D = 199,96$ мм – диаметр, посчитанный методом MSA.

$$G = \frac{199.96^2 * 2^{0.25}}{100} = \frac{39984,0016 * 1,1892}{100} = 475,4925 (\text{м}^3 / \text{ч}) \quad (5)$$

1 м³ воды стоит 11,32 руб. Посчитаем расход воды за сутки и за месяц.

За сутки – 11411,8222 (м³/сутки)

За месяц – 342354,66 (м³/месяц)

С внедрением метода затраты составят 4080867,54 (руб)

Таким образом, при использовании метода MSA, прибыль за месяц будет составлять 3950,62 (руб). В год прибыль будет составлять 47407,44 (руб). Поскольку таких точек (диафрагм) 12, тогда общая прибыль с объекта за год составит 568889,28 (руб).

Таким образом, метод MSA позволяет повысить точность измерения расхода, снизить затраты на водные ресурсы. Следовательно, из всего этого можно сделать вывод, что себестоимость снижается.

А так же, внедрение метода ($P_{внедр}$) включает в себя расходы на разрабатываемые документы, а также в многократном использовании метода в организации, о чем свидетельствует представленная формула:

$$P_{внедр} = P_{разр} + P_{прим} \quad (6)$$

Для разработки метода, расходы представляют собой:

$$P_{разр} = C_{\partial} + C_{в} + C_{об} \quad (7),$$

где C_{∂} - расходы на разрабатываемый метод; $C_{в}$ - расходы затраченного времени; $C_{об}$ - расходы на оборудование и материалы.

Цена на разрабатываемый метод складывается из диафрагм, примененные в качестве опыта (n) и стоимости одной страницы (C_c). Разрабатываемый метод содержит 10 диафрагм, а цена одной диафрагмы составляет 4000 рублей исходя, из этого можно определить стоимость метода следующим образом:

$$C_{\partial} = C_c \times n \quad (8)$$

$$C_{\partial} = 10 \times 3000 = 30000 \text{ руб}$$

Потраченное на разработку стандарта время, состоит из стоимости рабочего времени специалиста и оператора, и какое количество времени ушло на его разработку.

За час своей работы специалист получает 150 рублей за установленный 8-ми часовой рабочий день. Его рабочий день за месяц составляет 21 день. Специалист занимался разработкой стандарта 4 месяца, а оператор за час своей работы получает 110р, в соответствии с этим, получаем:

$$C_{в} = C_v \times \kappa \quad (9)$$

$$C_{в} = 170 \times 672 = 174720 \text{ руб}$$

При произведенных расчетах, затратами на покупку необходимых нужд для осуществления разработки метода, а также затратах на оборудование, берется 50% от стоимости разработанного метода и количества рабочего времени. Расчет затрат на производственные нужды и оборудование рассчитывается следующим образом:

$$C_{об} = (C_{\delta} + C_{\epsilon}) \times 0,5(10)$$

$$C_{об} = (30000 + 174720) \times 0,5 = 102360 \text{ руб}$$

Исходя, из этого стоимость разработки будет равна:

$$P_{разр} = C_{\delta} + C_{\epsilon} + C_{об}(11)$$

$$P_{разр} = 30000 + 174720 + 102360 = 307080 \text{ руб}$$

Таким образом, для разработки метода необходимо 307080 руб.

Прибыль в год составляет 47407 руб, тогда по представленному расчету результата следует, что через 6,5 лет данный метод полностью окупится.

ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кизилов С.А., Никитенко С.М., Никитенко М.С.

*Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения
Российской академии наук, Россия, г. Кемерово*

Введение

В связи с исчерпанием легкодоступных запасов полезных ископаемых в разработку вовлекаются месторождения богатых пластовых угольных, а также россыпных алмазосодержащих, характеризующихся сложными горно-геологическими условиями: возрастает глубина, залегание преобладает в мощных пластах. Новые условия требуют соответствующих передовых наукоемких технических и технологических решений, обеспечивающих безопасную и эффективную добычу [1,2]. Важность внедрения и готовность перехода горнодобывающей промышленности на цифровые – автоматизированные и роботизированные «безлюдные» технологии отмечается на всех уровнях в России и за рубежом, что отражено в политике деятельности международного технического комитета ISO/TC 82 «Mining» и подкомитета ISO/TC82 /SC 8 «Advanced automated mining systems».

Необходимость разработки компонентов «безлюдных шахт» подтверждена в долгосрочной Программе развития угольной промышленности России до 2030 г., утверждённой распоряжением Правительства РФ от 21.06.2014 № 1099-р, где основным направлением технологического развития в отношении подземного способа добычи предусмотрено осуществление мероприятий по разработке и внедрению систем «безлюдной» выемки полезных ископаемых на базе комплексной механизации и автоматизации [3]. Поэтому важнейшим направлением устойчивого развития угольной промышленности является реализация геотехнологий комплексного освоения недр на основе современных программно-аппаратных комплексов, интегрированных в общую систему управления горнодобывающим предприятием.

Проектирование робототехники. Работы по проектированию робототехники, применяемой на подземных производствах, начались во второй половине 70-х годов 20-го века с разработки разрушающих машин управляемых дистанционно компании Brokk [4,5]. В дальнейшем появился целый ряд различных проектов и опытных образцов дистанционно управляемых систем, предназначенных для помощи при ведении проходческих работ, особое место нужно выделить самоходному роботу анкероустановщику, появившемуся в США, разработанному институтом Беркли [6]. Буровые работы и установка анкеров было основным направлением подземной робототехники в конце 70-х и первой половине 80-х годов 20-го века. В это же время начались исследовательские и опытно конструкторские работы по разработке робототехнических систем для подземных работ в СССР, пик которых пришелся на вторую половину 80-х годов. Одним из самых уникальных был проект роботизированного комплекса оборудования для проведения выработок буровзрывным способом, разработанный в Донецком филиале «Гипроугольавтоматизации», способного выполнять до 210 различных операций [7]. В дальнейшем работы по применению и разработки роботов для работы под землей до середины 2010-х годов в основном велись по двум направлениям – работы

для проведения обследований аварийных объектов и полуавтономные телеуправляемые самоходные погрузчики и грузовики для подземной добычи руды, по второму направлению следует выделить разработки в этой области фирмы Atlas Copco с ее системой управления подземным транспортом и полуавтономными подвижными системами scooptram automation, сейчас это фирма Epiroc [8].

Работы по первому направлению с переменным успехом ведутся во всех развитых странах вплоть до наших дней, наибольший интерес вызывает системы самоориентации мобильных робототехнических систем в условиях подземных выработок. В этой области безусловное лидерство занимают ученые из США, разработки ведутся как крупными компаниями, так и институтами, следует отметить работы проводимые в Университете Аляски Файрбенкса, где коллективом ученых при участии докторов Ричарда Вайса и Раджива Гангули были разработаны и опробованы на практике методы самоориентирования для летающих и самоходных дронов в шахтах. [9]. Несмотря на это, зная современное очистное оборудование для горнодобывающих производств, мы видим, что широкое распространение комплексные роботизированные системы еще не получили. Роботы применяются лишь на десятках шахт и в основном связаны с проходкой, креплением забоя, транспортировкой, на предприятиях неопасных по газу и пыли. С середины 2010-х годов немецкая компания Marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH ведет активную технологическую и инженерную работу по внедрению элементов, технологий, методов роботизации очистных работ. Так в Кемеровской области к 2017 была запущена экспериментальная лава на шахте «Полысаевская» с внедрением роботизированной системы оценки прямолинейности лавы, акустического контроля наезда на кровлю, контролю положения секций и их элементов на основе систем компьютерного зрения [10].

На мировом рынке существует множество компаний, разрабатывающих современные системы автоматизированного контроля элементов горношахтного оборудования широкого назначения. Компаний по разработке и поставке комплексных решений автоматизированного управления оборудованием на порядок меньше. Наиболее передовыми и известными являются: Elgor + Hansen S.A. (г. Хожув, Польша), Группа FAMUR (Польша), MARCO Systemanalyse und Entwicklung GmbH (Германия), ЕЕР Elektro-Elektronik Pranjic GmbH (Германия), Caterpillar (США), TIEFENBACH Control Systems GmbH (Германия), Komatsu (Япония). Две компании – Caterpillar и Tiandi - представляют на сайтах лавные комплексы и сопутствующее оборудование для отработки мощных пластов с выпуском. Однако технологии выпуска аналогичны друг другу и выпуск производится на завальный конвейер, а не на забойный [11]. Данный способ добычи, обладает достаточно серьезными недостатками, влияющими на трудоемкость и стоимость его использования:

- значительное увеличение размеров крепи,
- наличие дополнительного завального конвейера,
- усложнение как конструкции крепи,
- необходимость введения в комплекс дополнительного перегрузочного устройства

на сопряжении лавы с конвейерным штреком [12].

При этом система интеллектуального управления средствами выпуска (kozyrek ограждения с завальной стороны, завальный конвейер) не рассматривается, как отдельная подсистема, а реализована через свободные (резервные) каналы на базе выпускаемых автоматизированных систем электрогидравлического управления. То есть система автоматизированного управления процессом выпуска реализуется на базе систем комплексного управления лавой; гидравлическое управление техническими средствами, обеспечивающими выпуск (гидродомкраты открытия окон и подвигания конвейера) производится по дополнительным (свободным) каналам электрогидравлического управления.

Перспективной платформой для создания роботизированных комплексов нового поколения для эффективной и безопасной подземной добычи с выпуском полезного ископаемого из вышележащей толщи и безвзрывными способами разупрочнения массива является разрабатываемые в ФИЦ УУХ СО РАН оградительно-поддерживающая механизированная крепь с управляемым выпуском (КУВ) на забойный конвейер [13]. Технологические особенности про-

цесса выпуска на забойный конвейер, а также устройство секций крепи, не позволяет осуществлять эффективный визуальный контроль оператором за процессом выпуска, что требует переход от стандартных элементов автоматизированного управления лавовым комплексом к роботизированным системам управления с элементами технического зрения. Процесс выпуска включается в систему управления дополнительно, по этой причине, разработку принципов роботизированного управления техническими средствами выпуска, даже на начальном уровне стоит рассматривать, как разработку подсистемы управления, в перспективе интегрируемую в применяемую систему комплексного интеллектуального и электрогидравлического управления лавным комплексом. При разработке элементов роботизации выпуска угля на забойный конвейер следует ориентироваться на возможность интеграции роботизированных систем выпуска в типовую систему управления секциями крепи лавного комплекса, что требует использования типовых элементов управления гидравликой, и датчиков от основных производителей систем комплексной автоматизации горношахтного оборудования.

С участием авторов статьи в ФИЦ УУХ СО РАН была разработана имитационная модель технологии эффективного освоения угольных месторождений роботизированным комплексом с управляемым выпуском подкровельной толщи. Дана оценка технологии и определены ее рациональные параметры, при которых использование будет наиболее эффективным. С использованием разработанных средств произведено исследование различных режимов выпуска подкровельной толщи: индивидуального, волнового, группового и площадного [14]. Выявлено, что оптимальные параметры невозможно выдерживать без организации сложных систем контроля потока горной массы из питателей каждой секции, основанных на системах технического зрения, которые являются основой роботизированной секции крепи с управляемым выпуском подкровельной толщи. На сегодняшний день разработан и планируется к выпуску опытный образец секция крепи с управляемым выпуском угля на забойный конвейер, основанная на патенте № 2513952 [15]. Создана механика и кинематика, имитационные модели, описаны объекты и способы организации автоматизированного выпуска горной массы из подкровельной толщи, без возможности контроля параметров выпуска и систем контроля подхода породы. [16], однако, технологический процесс выпуска слабо описан с точки зрения объекта автоматизации и роботизации.

Технологии разработки при разных условиях залегания и типах имеют некоторые отличия, однако основные задачи автоматизации и роботизации для всех них аналогичны. По данной причине, подходы к проектированию систем управления в значительной степени схожи.

К основным задачам автоматизации и роботизации в рамках технологического процесса выпуска горной массы отнесены:

- определение состава (границы «порода-уголь»);
- оценка загрузки конвейера;
- оценка объемов выпуска каждой секции в реальном времени;
- инициирование выпуска при зависании кровли, образовании куполов, заторов.

Решение поставленных выше задач имеет ряд серьезных ограничений, которые не позволяют использовать обычные методы, применяемые в других отраслях. Так, оценить состав поступающей горной массы стандартными методами можно только, когда она уже оказалась на главном конвейере, а учитывая производительность выпуска каждой секции в среднем около 50 кг/с и наличия одновременного выпуска например из 50 секций, на конвейере за 1 секунду может оказаться до 2,5 тонн пустой породы, что является серьезной проблемой.

Для оптимальной загрузки главного конвейера, как показало имитационное моделирование, очень важно поддерживать заданный объем выпуска из каждой секции, но и здесь есть проблема. Это использование для подачи горной массы от окна секции до конвейера вибрационного питателя, устанавливаемого в ограниченное пространство, на который давит весь массив породы находящийся над окном питателя, что делает невозможным использование стандартных датчиков веса и прочих подобных устройств, на все это накладываются ограничения по взрыво-пожаробезопасному исполнению устройства для проведения измере-

ния. На данный момент в проекте рассматривается оценка загрузки вибрационного питателя с помощью систем оптического контроля за движущимися объектами [17]. Сложность представляет и наблюдение за завальной частью лавы, так как в ней возможно зависание необрушившейся кровли, которое как показывают опыты на моделях, можно предупреждать с помощью изменения алгоритмов выпуска на смежных участках.

Научная новизна результатов исследования заключается в разработке методики роботизированной оценки объема и состава горной массы при выпуске питателем секции; в получении зависимости оптимальных режимов процесса выпуска секцией крепи от данных оценки объема и состава, предоставляемых средствами технического зрения; в обосновании базовых технологических требований к проектированию элементов роботизации комплексов с выпуском на забойный конвейер.

Выводы. Полученные научные результаты в виде IDEF0 схемы декомпозиции процесса выпуска по ключевым задачам (роботизации: порода-уголь, загруженность, иницирование); алгоритмов работы системы управления выпуском; методики оценки объема и состава горной массы при выпуске питателем секции; технологических требований, предъявляемых к созданию роботизированных комплексов с управляемым выпуском угля; функциональных схем роботизации работы питателя секции крепи позволяют, по мнению авторов, позволяют решить задачу практической реализации геотехнологий комплексного освоения недр на основе перспективных программно-аппаратных комплексов, интегрированных в общую систему управления горнодобывающим предприятием.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90075\19.

Библиографический список

1. Goosen, E.V., Kagan, E.S., Nikitenko, S.M., Pakhomova, E.O. Backward linkage value chains as a tool for selecting promising production technologies in Kuzbass coal industry. Smart Innovation, Systems and Technologies. 2020. с. 138-148
2. Никитенко С.М., Гоосен Е.В. Государственно-частное партнёрство в недропользовании: новые возможности для ТЭК России. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2017. № 1. С. 27-32.
3. Распоряжение Правительства РФ от 24 июня 2014 г. N 1099-р «Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года».
4. Brokk history URL: <https://www.brokk.com/about-brokk/history/> (дата обращения: 26.06.2019).
5. Thring M. UK Study: Remote - controlled miner // Coal age. – 1977.-N6. P. 16-22/
6. Конюх В.Л., Тайлаков О.В. Предпроектный анализ шахтных робототехнических систем. Новосибирск: "Наука" Сибирское отделение, 1991. С. 9-15.
7. Киклевич Ю.Н. Шахтная робототехника. Киев: Техніка, 1987. С. 48-65.
8. SME Mining Engineering Handbook / Edited by Piter Darling. Third Edition изд. Society for mining, Metallurgy, and Exploration Inc., 2011. С. 808-812.
9. Gill, Paul & Hatfield, Michael & Randle, Daniel & Wies, Richard & Ganguli, Rajive & Rosetti, Siena & Vanderwaal, Samuel. Team of Unmanned Aircraft Systems (UAS) and Unmanned Ground Vehicles (UGV) for Emergency Response in Mining Applications // Conference: 51st AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference. 2015. Orlando. DOI: 10.2514/6.2015-4111.
10. Ройтер Мартин, Крах Маркус, Кислинг Ульф и Вексел Юлиан Роботизация очистного забоя - полностью автоматизированная высокопроизводительная лава с системой управления "MARCO" "Robotic mining" (Шахта "Полысаевская") // ундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2017. №2 Том 4. С. 263-269.
11. The Principle of Longwall Top Coal Caving (LTCC) // Caterpillar Global Mining URL: https://www.youtube.com/channel/UCjYrT--TpOrA86Iw_PkoVJw?&ab_channel=CaterpillarGlobalMini

ng (дата обращения: 26.06.2019).

12. Клишин В.И., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. Направления совершенствования разработки мощных пластов с выпуском угля подкровельной толщи // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении (ТЭК-2017) Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2017. С. 57-63.

13. Никитенко М.С., Кизилев С.А. Техничко-технологические платформы для создания роботизированных комплексов по разработке мощных пластовых месторождений // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ, 2019. С. 257-263

14. Стародубов А.Н., Зиновьев В.В., Клишин В.И. Исследование режимов выпуска угля подкровельной толщи на имитационной модели // Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов. Новокузнецк: Сиб.гос.индустр. ун-т, 2019. С. 253-257/

15. Секция механизированной крепи очистного забоя мощного пласта с принудительным выпуском угля. Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Анферов Б.А., Кузнецова Л.В. патент на изобретение RUS 2513952 26.12.2012.

16. Кизилев С.А., Николаев П.И., Никитенко М.С., Кузнецов И.С. Технические средства выпуска угля подкровельной толщи как объекты автоматизации системы управления очистным комплексом. Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / Сиб. гос. индустр. Ун т; под общ. редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. С. 241-245.

17. Шубникова И.С., Плагута К.А. Анализ способов и алгоритмов определения параметров объекта и расстояния до него по изображению // Труды международного симпозиума надежность и качество. Пенза: Пензенский государственный университет, 2013. С. 352-355.

СЕКЦИЯ 3

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛИ В ПЛК НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА

Колодин А.А.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия*

Наиболее динамично развивающееся направление в автоматическом управлении и оптимизации технологических процессов это так называемые системы АРС (Advanced Process Control) или СУУТП (Система Усовершенствованного Управления Технологическим Процессом)[1]. Такие системы находят большое применение на многих зарубежных предприятиях и частично в России. Суть СУУТП сводится к снижению потерь и эксплуатационных затрат, увеличению прибыли производства путем вывода всей цепочки технологических процессов на оптимальный режим работы. В основе работы такого подхода лежит управление на основе прогнозирующей модели (Model Predictive Control – MPC)[2]. В основе метода лежат прогнозирующие модели объектов управления. Алгоритм MPC использует численную оптимизацию для нахождения оптимального управления на некотором временном горизонте в будущем (N), основываясь на динамической модели процесса, иными словами прогнозируя реакцию объекта на будущие изменения управляемых (регулируемых) воздействий (рисунок 1).

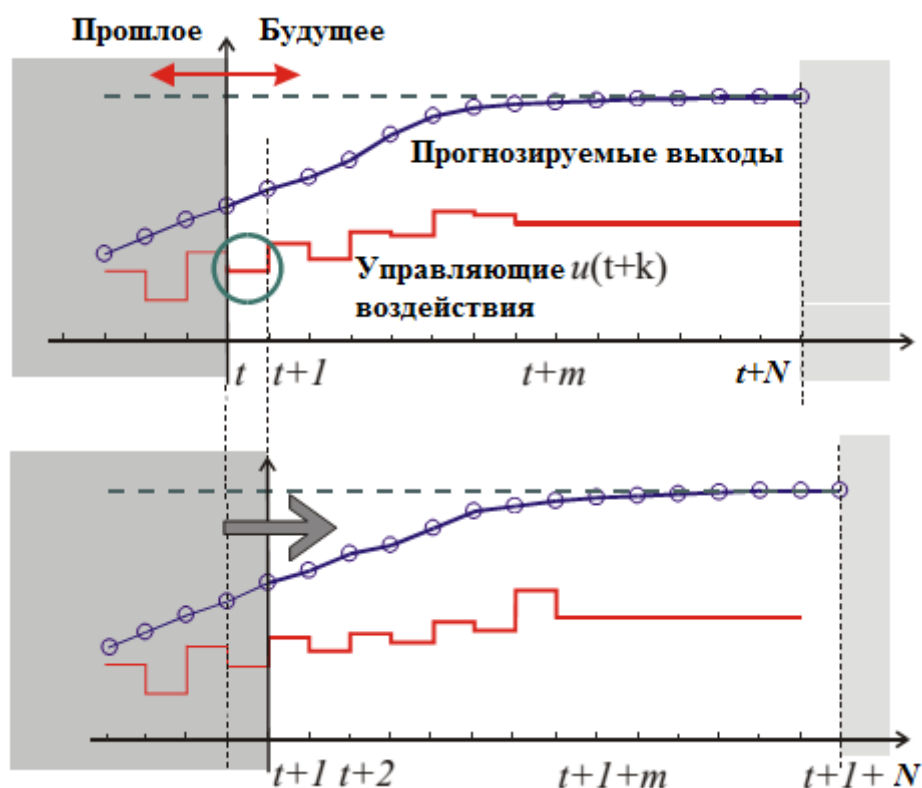


Рисунок 1 – Принцип работы метода управления на основе прогнозирующей модели

Сам алгоритм можно представить в следующем виде:

1. Измерение (или вычисление) текущих состояний x_k , где k – такт времени.
2. Нахождение последовательности оптимальных управляющих величин $U \triangleq \{u_k, \dots, u_{k+N_c-1}\}$, $k \leq N_c$ и $U = u_{k+N_c-1}$, $N_c < k < N_p$ на горизонте прогнозирования N_p , где N_c – горизонт управления.
3. Применение только первого u_k , остальные отбрасываются.
4. Повторение процедуры в момент времени $k+1$, переход на шаг 1.

Аналогию можно провести, например, с шахматной партией рисунок 2. Где вы один из игроков – контроллер, реализующий метод MPC. А ваш противник – фабрика или технологический процесс. Вы продумываете будущие ходы, основываясь на опыте предыдущих ходов и прогнозе следующих шагов противника (протекания процесса), порождая целые цепочки последовательности действий. Но выбираете только один из множества вариантов ходов (управляющее воздействие), который приведет к наименьшим потерям с вашей стороны или выгодным компромиссам. И этот процесс будет повторен на следующем шаге уже после хода противника и появления новых состояний.

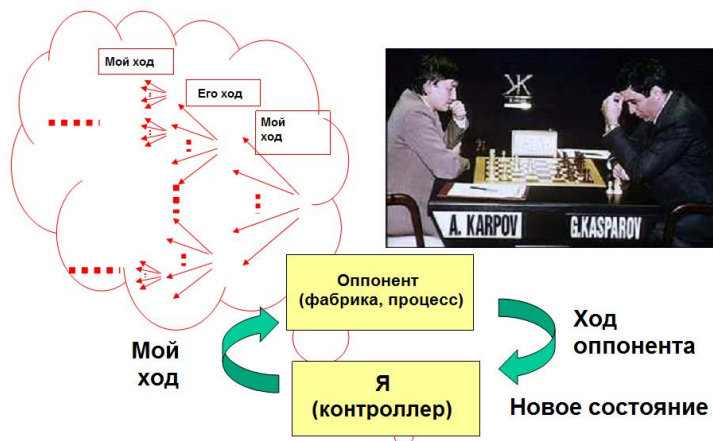


Рисунок 2 – Шахматная партия - аналогия работы метода MPC

Или еще один пример – управление движением автомобиля (рисунок 3)[3]. Водитель наблюдает через лобовое стекло автомобиля свою будущую траекторию движения на некотором конечном горизонте управления и, принимая во внимание характеристики автомобиля (мысленная модель автомобиля), решает, какие управляющие действия (ускорение, тормоз и рулевое управление) необходимо предпринять, чтобы следовать желаемой траектории. Траектория может быть построена для объезда препятствий, осуществления манёвров, парковки и т.д. для обеспечения непрерывного следования по маршруту, без ухабов и опасных манёвров.

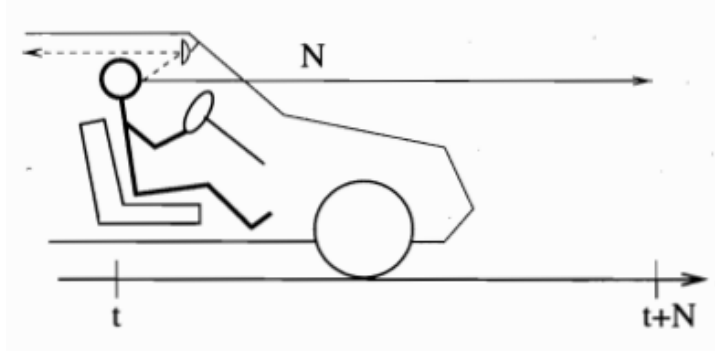


Рисунок 3 – Управление движением автомобилем - аналогия работы метода MPC

В каждый момент времени выполняются только первые управляющие действия, и процедура снова повторяется для следующих управляющих решений в виде отступающего горизонта. Тут важно следующее, что при использовании классических схем управления, таких как ПИД регуляторы, управляющие действия выполняются на основе прошлых ошибок (отклонений), это как если бы вождение автомобиля осуществлялось только с помощью зеркала заднего вида. Иными словами, например, только попав на кочку – водитель предпринимает действия для её объезда.

В MPC для анализа поведения системы используются модели процессов линейного или нелинейного типа. Будущие значения управляющих переменных определяются минимизацией предсказанной ошибки или целевой функции.

В большинстве случаев метод на основе MPC используется для управления многопараметрическими объектами[4] и чаще всего не рассматривается в качестве локального регулятора, например, такого как ПИД-регулятор. Мы же попробуем реализовать MPC-регулятор для одного измеряемого параметра и одного управляющего выхода (SISO) для системы управления реального времени.

В качестве реального объекта для проведения испытаний работы алгоритма был выбран учебный лабораторный стенд со следующим оборудованием:

Объект управления – ОВЕН ЭП10 эмулятор печи.

Контроллер – ОВЕН ПЛК-154.

Исполнительное устройство – твердотельное реле с управляющим входом 0 – 10 В.

Внешний вид представлен на рисунке 4.

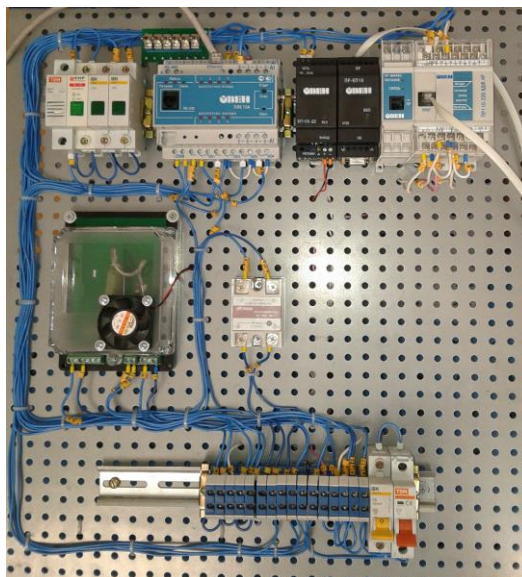


Рисунок 4 – Внешний вид учебного лабораторного стенда

Измеряемая (регулируемая) величина – температура печи ЭП10. Управляющая величина – напряжение на нагревателе, изменяемая за счёт твердотельного реле.

После серии проведенных экспериментов была получена математическая модель объекта управления в статике и динамике (рисунок 5).

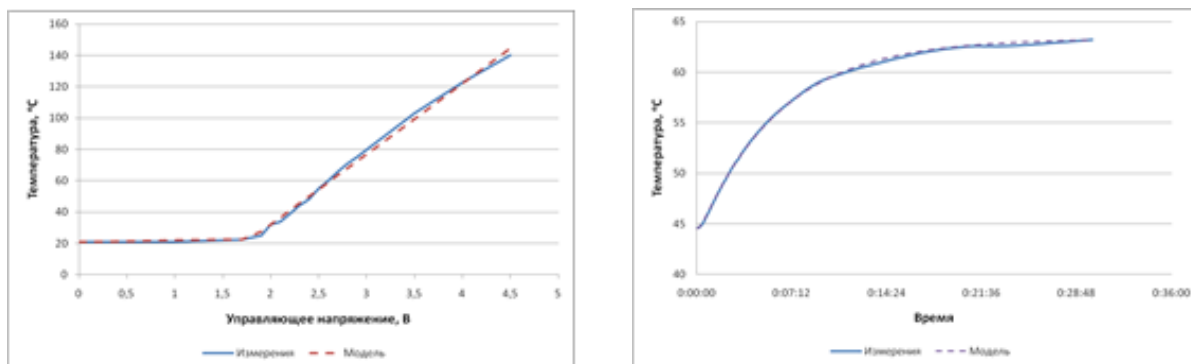


Рисунок 5 – Статическая и динамическая характеристики объекта управления, измеренные и моделируемые значения

Модель печи имеет нелинейность в области управления от 0 до 1,8 В. Это обусловлено наличием зоны нечувствительности твердотельного реле. Свыше 1,8 В наблюдается зона пропорциональности вплоть до температуры 120 °С, свыше которой нагревать печь не рекомендуется. Динамическая характеристика была снята при ступенчатом изменении напряжения с 2,2 В до 2,7 В. Полученная нелинейная математическая модель легла в основу прогно-

зирующей модели для МРС регулятора.

В системах реального времени одним из самых важных параметров является время обработки информации, любые задержки могут негативно сказываться на системе управления, приводить к несвоевременной реакции на возмущающие воздействия, вплоть до остановки всего процесса управления. Поэтому наиболее предпочтительными параметрами с точки зрения реальных систем будут те, которые выполняются за меньшее время.

Программа для ПЛК-154 написана на стандартных языках стандарта IEC 61131-3 в среде разработки CodeSys v.2.3. В алгоритме программы было организовано два цикла – основной цикл для «главной программы» и цикл по временному прерыванию в 1 сек, что соответствует времени пересчета модели dt . Первый цикл выполнял функцию контроля и управления оборудованием, прогнозирования модели и расчёта управляющих воздействий. Во втором цикле рассчитывались текущие состояния объекта и номер такта пересчёта (k). Сторожевой таймер в ПЛК установлен в 200 мс. Общий алгоритм представлен на рисунке 6.

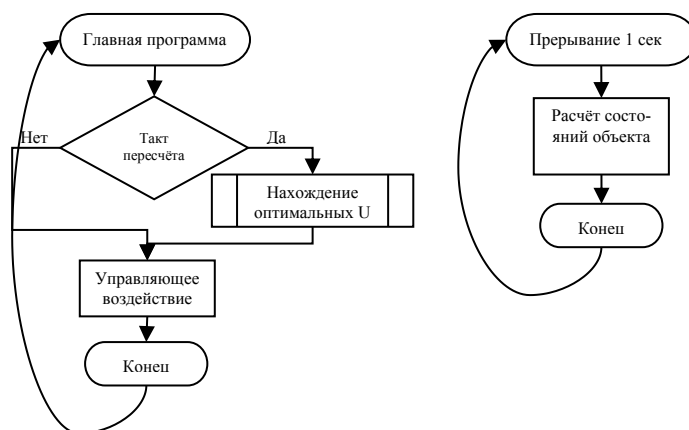


Рисунок 6 – Алгоритм ПЛК программы регулятора на основе МРС

В качестве сравнения работы МРС регулятора был выбран классический ПИД-регулятор с наиболее оптимальными параметрами. Результаты работы регуляторов (переходные процессы) при изменении задания $SP=63, 72, 57, 65$ °С представлены на рисунке 7.

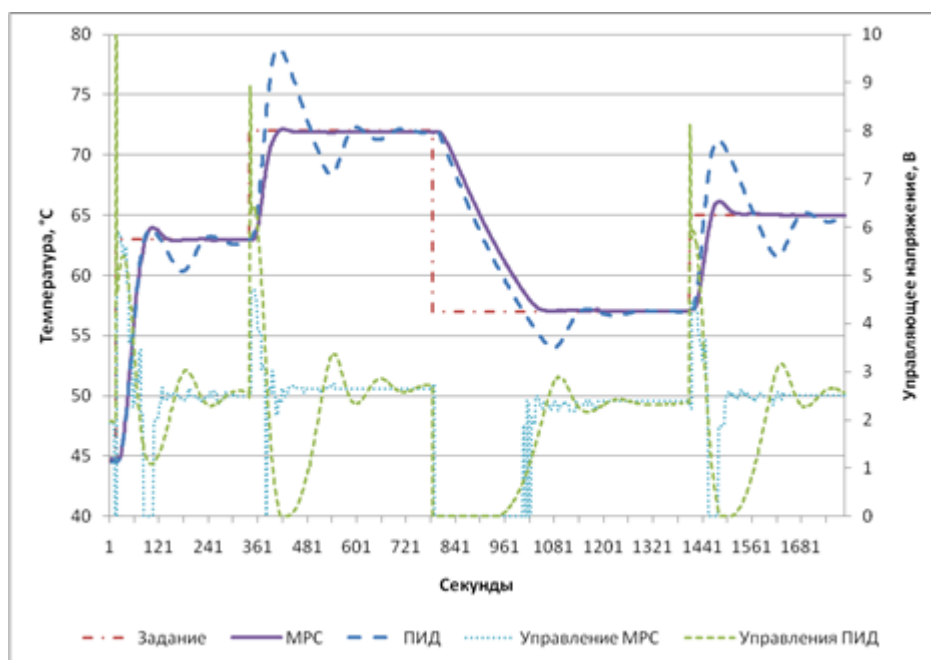


Рисунок 7 – Переходные процессы работы МРС и ПИД регуляторов при изменении задания

За время проведения эксперимента сторожевой таймер не срабатывал, среднее время выполнения цикла составляло 22 мс.

Судя по графикам можно заметить преимущество применения MPC регулятора, который обладает наилучшим быстродействием, точностью и качеством регулирования, меньшим перерегулированием.

Реализованный MPC-регулятор показал высокие качества регулирования и быстродействия. Не смотря на то, что алгоритм его работы сложнее классического ПИД-регулятора, при должном подборе параметров он может с легкостью заменить последний. Безусловно, успешная работа регулятора в реальных системах управления зависит от производительности центрального процессора контроллера, особенно для реализации нескольких программных регуляторов. Тем не менее, с ростом производительности центральных процессоров и оптимизации работы алгоритма это ограничение может быть нивелировано. Наибольшее эффективное применение таких регуляторов видится в процессах с длительными переходными процессами и процессах с большим временем запаздывания.

Библиографический список

1. В.М. Дозорцев, Д.В. Кнеллер. APC – усовершенствованное управление технологическими процессами / Журнал «Датчики и системы», №10, 2005, с. 56-62.
2. Carlos E. Garcia, David M. Prett and Manfred Morari, Model Predictive Control: Theory and Practice a Survey / Automatica, Vol. 25, No. 3, 1989, pp. 335–348.
3. А.А. Колодин, С.А. Мельник, Управление на основе прогнозирующей модели (model predictive control) // Переработка природного и техногенного сырья: сборник научных трудов студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых Института высоких технологий. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. С. 9– 14.
4. Richalet J, “Industrial applications of model based predictive control,” Automatica, Vol. 29, 1993, pp. 1251–1274.

ПРИМЕНЕНИЕ УЧЕБНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ

Скребнева Е.В.^{1,2}, Тюрин М.Н.²

¹*Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово, Россия,*

²*ООО «КАТЭН», г. Москва, Россия*

Реалии современного экономического пространства предъявляет к системам электро-снабжения повышенные требования в части надежности и безаварийности. Система электро-снабжения представляет собой единый сложный производственный процесс выработки, передачи и потребления электроэнергии, особенностью которого является быстротечность явлений, в том числе и аварийных повреждений.

Поэтому надежное и бесперебойное электроснабжение потребителей электроэнергии возможно только при автоматизации систем электроснабжения.

Одним из путей повышения надежности электроснабжения является использование устройств автоматического управления, главенствующую роль среди которых занимают устройства релейной защиты, действующие при повреждении электрических установок.

В настоящее время существует множество устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), способных в кратчайшие сроки предотвратить аварию на объекте электрохозяйства и предупредить эксплуатирующий персонал о нарушении рабочего режима электроснабжения.

Наблюдаемое в последнее время техническое обновление электросетевого комплекса, привело к замене морально устаревший аналоговых устройств РЗА на современные микро-процессорные.

Эксплуатация микропроцессорных устройств РЗА требует определенной квалификации обслуживающего персонала.

Трудовой кодекс Российской Федерации (ст. 195.1) вводит понятие квалификация – это уровень знаний, умений, навыков и компетенции, характеризующий подготовленность к выполнению определенного вида профессиональной деятельности [2].

Ст. 2 Федерального закона от 29.12.2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» определяет повышение квалификации как «обновление теоретических и практических знаний, совершенствование навыков специалистов в связи с постоянно повышающимися требованиями к их квалификации» [1].

Электроэнергетика является такой отраслью, в которой любое обучение на реальных объектах, во избежание возникновения аварийных ситуаций, невозможно.

Выходом из сложившейся ситуации является разработка виртуальных обучающих тренажеров и лабораторных стендов (учебных панелей). Использование лабораторных стендов и учебных панелей позволяет выработать практические навыки работы с алгоритмическим и программным обеспечением систем автоматики.

Для реализации программ повышения квалификации электротехнического персонала, ООО «КАТЭН» была приобретена учебная панель РЗА, производства Группы Компаний «ЧЭАЗ».

Учебная панель РЗА предназначена для наглядного обучения специалистов в области релейной защиты и автоматики работе с терминалами серии БЭМП-РУ АО «ЧЭАЗ», устанавливаемых на РУ и подстанциях класса 6/10–110 кВ. Панель имитирует релейную защиту типовой двухтрансформаторной подстанции 110/6 кВ без защит силовых трансформаторов и линий напряжением 110 кВ.

На учебной панели РЗА размещена однолинейная мнемосхема подстанции с размещенными органами индикации и управления выключателями, а также кнопки и ключи, позволяющие имитировать различные виды неисправностей оборудования – как отказы самого первичного оборудования, так и различные виды коротких замыканий в разных точках схемы. Рядом с выключателями на мнемосхеме размещены терминалы серии БЭМП, выполняющие необходимые функции защиты и автоматики, позволяющие обучающимся изучать логику их работы, взаимодействие между собой, а также получить навыки работы с терминалами – ввод уставок, снятие информации при срабатываниях, контроль за текущими величинами токов и напряжений и т.д.

Цепи связи между терминалами позволяют наглядно в полной мере изучать сложные функции РЗА энергообъектов как АВР, ЛЗШ, УРОВ, и другие. Задавая те или иные неисправности, можно вызвать соответствующую реакцию на них терминалов РЗА и изучать работу как терминалов по отдельности, так и в системе РЗА ПС в общем.

Кроме функций, заложенных производителем, появилась необходимость усовершенствования учебной панели РЗА в части управления электрическими сетями.

Компанией ООО «КАТЭН» (г. Москва) разработан программный комплекс «ЭНЕРГОСЕТИ», позволяющий оптимизировать работу по всем видам энергообъектов и энергооборудования: тепловым сетям, электрическим сетям, объектам газо- и водоснабжения.

Программный комплекс «ЭНЕРГОСЕТИ» имеет в своем составе различные модули, которые являются самостоятельными блоками и могут работать независимо друг от друга. Рассмотрим один из модулей программного комплекса – систему управления электрическими сетями, в основу которой заложена модель, описывающая электрическую сеть и происходящие в ней события.

Используя модуль управления электрическими сетями можно осуществлять различные функции: от ведения паспортной документации до расчетов режимов электрических сетей.

При интеграции программного комплекса «ЭНЕРГОСЕТИ» и учебной панели РЗА стали возможны следующие операции:

- получение информации с оперативных схем;
- задание и корректировка карт уставок защит;

- расчет установившихся режимов сети;
- имитация послеаварийных ситуаций и корректировка карт уставок защит;
- изменение оперативной схемы электрической сети, в том числе и подключение новых потребителей) с последующей корректировкой карт уставок защит;
- оптимизация распределения фидеров между секциями на подстанции с перенастройкой терминалов РЗА;
- прием, обработка, архивирование, конвертирование и рассылка телеметрической информации в различных форматах;
- построение многоуровневых сетей сбора и пересылки разнородной телеметрической информации;
- отображение телеметрической информации, полученной из разных источников, на диспетчерских схемах.

Таким образом, интеграция учебной панели РЗА и программного комплекса «ЭНЕРГОСЕТИ» позволяет разработать целый комплекс лабораторных работ для полноценного повышения квалификации электротехнического персонала предприятий.

Библиографический список

1. Об образовании в Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2012 года №273-ФЗ [Электронный ресурс] : (ред. от 19.12.2016) // КонсультантПлюс. Версия Проф. – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [Электронный ресурс] : (ред. от 02.08.2019) // КонсультантПлюс. Версия Проф – http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683.
3. Мельников М. А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие [Текст] / М.А. Мельников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 218 с.
4. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики присоединений 6(10)-35 кВ серии БЭМП РУ [Электронный ресурс] – <https://www.cheaz.ru>.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И НИРС, СТИМУЛИРУЮЩАЯ РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Рыбаков А.И., Куниин П.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Спросом на рынке труда пользуются выпускники вузов, обладающие комплексом знаний, соответствующих запросам современного промышленного предприятия или его исследовательского подразделения. Чтобы подготовить такого специалиста, необходимо создание более активных методов обучения, которые способствуют не простому накоплению суммы, подчас не полностью осмысленных, знаний, а принуждают студента активно участвовать в учебном процессе

Красной нитью указаний должна проследиваться ключевая мысль, что учебные и учебно-исследовательские работы в области теории и практики должны приводить студента к генерации рациональных или патентоспособных идей, реализация которых расширит и (или) улучшит функциональные возможности модуля или системы, лабораторного стенда

Начинать работу над системой следует с ее моделирования. Моделирование поможет лучше познать объект управления, синтезировать алгоритм управления, написать программу по алгоритму. Методические указания должны последовательно вводить студента в предмет изучения и учить умению целенаправленного проведения исследований. Обучение должно быть постепенным, развивающим и активизирующим. На начальном этапе выполнения лабораторной работы, методические указания подводят студента к такому состоянию, когда знания уже есть, а сделать что-либо самостоятельно еще не в состоянии. На этом этапе студент

может действовать только по образцу, выполнять только те конкретные действия, которые предписывают указания.

Сначала из системы выделяется структурный узел, желательнее наиболее простой. Приводится детальный алгоритм действий студента и поясняется цель этих действий. Детально указывается, что нужно сделать, как сделать и какой результат должен получиться. Студент учится выполнять по образцу и постепенно накапливает знания. Выполняя примеры по образцу, студент начинает глубже понимать суть узла, его назначение. Он накапливает знания о предмете и начинает глубже осмысливать свои действия, правильно их интерпретировать.

На примере следующего узла описание действий приводится менее детально, чтобы побудить студента разобраться в сути дела самостоятельно и при необходимости обратиться за помощью к теоретическому разделу или к преподавателю. Давая консультацию, преподаватель должен разобраться, понимает ли студент суть задачи, обращался ли он к теоретическому разделу. Если нет, то подсказать, что решение его проблемы можно найти в теоретическом разделе и пренебрежение этим разделом создаст еще немало проблем. Для этого методические указания должны начинаться с краткого теоретического материала вводящего в суть задачи. Если при консультации у преподавателя студент заявит, что он читал теоретическую часть, ему следует пояснить, что при первом чтении складывается только общее впечатление о предмете, без глубоко проникновения в него. Что при повторном просмотре выявляются детали, которые остались незамеченными при первом чтении. Поэтому, при каждом затруднении следует обращаться к теоретическому разделу, и к удивлению, довольно часто при этом удается решить многие проблемы самому.

Если возникла проблема, то стремление решить ее заставляет студента читать текст более внимательно и целенаправленно, текст воспринимается более глубоко. Теперь студент уже пытается вникнуть в детали, найти ответ на свою проблему. Если это удастся, то он эмоционально переживает чувство удовлетворения собой и дальнейшая работа протекает активнее и успешнее. У студента развивается творческий азарт, стремление самому решать все возникающие проблемы.

Постепенно активизируя свою работу студент на примерах учится разбивать систему на ряд функционально законченных узлов. Исследуя отдельные узлы, студент начинает чувствовать и понимать их суть эффективно отлаживать. Постепенно переходит к пониманию всей системы. Примеры служат ему кирпичиками, из которых следует смонтировать систему. Ему остается только собрать систему из отлаженных кирпичиков. И здесь не следует за один заход собирать всю систему. Лучше в начале объединить два блока и проверить их совместную работоспособность и правильность выполняемых функций. Для этого в методических указаниях должны быть приведены качественные временные характеристики, связывающие входы-выходы отдельных и сочетания узлов. Затем добавить еще один узел и, наконец, постепенно узел за узлом собрать всю систему. Если возникнут проблемы, то их решение студент скорее всего найдет с помощью теоретического материала и примеров, которые он уже выполнил. Если это не удастся, то следует обратиться к преподавателю.

Содержание и объем задания приводится в конце методических указаний. Задание по выполнению НИРС формируется каждому студенту в отдельности с учетом его пожеланий и возможностей, оно выполняется параллельно с выполнением лабораторных работ и по той же методике

По завершению учебной лабораторной работы и НИРС, составляются отчет. В отчете должны быть описаны все действия по выполнению задания с указанием конкретных параметров и как они вводились в систему, порядок проведения эксперимента, что исследовалось и результирующие динамические характеристики. Все поле динамических характеристик процессов должно быть информативным. Часто бывает что информативная часть занимает только пять процентов от всего графика. Остальную часть занимают установившиеся процессы, а должно быть все наоборот.

Студент должен иметь возможность реализовать решения своих поисков. Если это программа, то предоставляется возможность ввести ее в систему, отладить, а после отладки

продемонстрировать ее руководителю. Если это схемное решение, то для этого на исполнительной плате учебно-исследовательского стенда должно предусматриваться монтажное поле для сборки макетов наиболее удачных творческих находок. При этом может оказаться, что размер монтажного поля недостаточен. Для схемной реализации решения или оно уже полностью заполнено. Поэтому лабораторная установка должна обеспечить возможность простого подключения новых монтажных плат.

В начале выполнения НИРС студент в обязательном порядке производит патентный поиск и целенаправленный аналитический обзор литературных и патентных источников по теме исследований. Цель этих исследований - поиск решений, близких по смыслу задания. В случае, если принятое решение по отношению к аналогам имеет отличительные признаки, придающие решению новые функциональные свойства, не являющиеся суммой свойств составных частей известных решений, то из аналогов выбирается прототип и оформляется заявка на изобретение.

Внедрение контроллеров для управления технологическими процессами, электромеханическими системами выдвинуло новые задачи перед организацией лабораторных работ и студенческих исследований и высшими учебными заведениями в целом: это разработка новых учебных программ, учебников, методических материалов, оснащение лабораторий по изучению контроллеров, систем автоматизации процессов и производств на их основе, созданию новых лабораторных установок для обучения практическим навыкам работы с микроконтроллерной техникой и ее программированием, вовлечению студентов в научные исследования по применению микроконтроллерных систем в процессах управления лабораторными стендами и промышленными установками.

Созданию учебно-методических материалов и лабораторных установок по изучению программированию и применению контроллеров препятствует дороговизна контроллеров, а единичные устройства не решают проблемы. Требуется не один стенд на все учебную группу студентов, а, по крайней мере один стенд для двух, в крайнем случае, трех студентов.

Увлечение виртуальными лабораториями, как показывает практика, не всегда приводит к желаемому результату. Виртуальные лаборатории не создают эффекта присутствия студента в технологическом процессе не дают реальную представления об аппаратуре. Демонстрация работы системы на единственном стенде всей группе студентов сохраняет в памяти студента только визуальные картинки экрана монитора, оставляя мало реальных знаний об изучаемом объекте. Уверенности в своих знаниях, в умении их применения метод демонстраций практически студенту не дает.

Но виртуальные лаборатории хороши в том плане, что позволяют моделировать устройства и процессы, системы управления, накапливать знания о моделируемом объекте и применить их для улучшения модели. Методические указания должны побуждать студента выполнить процесс моделирования творчески, осмысливать вновь добытые знания о предмете моделирования и использовать их для постепенного улучшения модели аналогично тому, как это делает исследователь.

По мнению авторов, на старших курсах не следует предлагать готовые модели. Методика должна давать минимум необходимого теоретического материала чтобы определить направление рассуждений о сущности объекта, физических законах, которым подчиняется объект или процесс и которые подведут студента к тому, какими конкретно физическими законами и описывающими их уравнениями следует воспользоваться.

Принятая в учебной практике методика составления указаний студенту в духе сделай вот это и это, в таком то порядке и получи вот это оправдывает себя только на младших курсах. На старших курсах методика должна учить размышлять и искать пути решения. Но чтобы поиск не затянулся на неопределенное время, методические указания должны быть достаточно прозрачными и неявно подсказывать направление поиска. В этом плане виртуальная лаборатория является прекрасным инструментом творческого моделирования, накопления, закрепления и, в какой то мере, создания новых знаний у студента.

Для закрепления знаний, получения реальных представлений об изучаемой технике и уверенности в своих знаниях, уверенности в умении применять их в жизни необходим определенный опыт практической работы с реальными объектами изучения. Причем, предлагаемая методика наиболее эффективна, если работу выполняет не один студент, а небольшая группа. Опыт показывает, что наиболее эффективной является группа из двух человек. По эффективности несколько уступает группа из трех студентов. При большем числе студентов в группе, у пассивной ее части теряется связь с объектом изучения и вместо обсуждения проблемы, они занимаются разговорами на отвлеченные темы.

Как же совместить, казалось бы, не совместимое: желание аффективно обучать и отсутствие средств и техники на обучение?

Промышленность выпускает дешевые и мощные 32 и 64-битовые микроконтроллеры, которые в десятки раз дешевле контроллеров. И, самое главное, они содержат в себе все модули и выполняют все функции, которые призваны выполнять очень дорогие промышленные контроллеры. Отличие только в том, что в контроллерах микропроцессорный модуль и периферийные модули выполнены в отдельных конструктивных блоках, присоединяемых через разъемы, а в микроконтроллерах все эти блоки интегрированы на одном кристалле совместно с микропроцессорным ядром.

В микроконтроллерах нет средств потенциальной изоляции цепей микроконтроллера от силовых цепей объекта управления. Но эта задача в электромеханических системах решается просто: следует использовать современные электромагнитные или на основе эффекта Холла датчики тока и напряжения, фотоимпульсные и кодовые датчики скорости и положения (инкрементные и абсолютные энкодеры). Эти датчики обеспечивают надежную потенциальную развязку микроэлектронных цепей от силовых.

Датчики температуры, которые также широко используются в современных электромеханических системах, с силовыми электрическими цепями не связаны и дополнительных проблем по потенциальному разделению цепей не вызывают. В лаборатории целесообразно использовать двигатели малой мощности, поэтому и датчики требуются небольшие по габаритам, допускающие монтаж на печатной плате.

Для целей обучения наиболее полно по функциональным возможностям и цене подходят старшие семейства 34-разрядных микроконтроллеров фирмы Texas Instruments подобные им других фирм. Микроконтроллеры имеют наиболее широкие функциональные возможности из всех контроллеров, которые авторы смогли разыскать в недрах Интернета. Они содержат 64-битовое процессорное ядро и регулируемую тактовую частоту в пределах 16-64 МГц. Это микроконтроллеры Гарвардской RISC архитектуры с линейной адресацией и 32-битовыми раздельными шинами данных для обращения к памяти программ и памяти данных.

Микроконтроллер имеет команды, оптимизированные под контроллерные применения, под языки высокого уровня и для разработки многозадачных систем управления реального времени. Имеется буфер команд, что обеспечивает выполнение команд за один такт генератора тактовых импульсов. Кроме того, микропроцессор микроконтроллера имеет аппаратный умножитель, который обеспечивает выполнение операции умножения и деления 64-битовых чисел за 5 тактов. Для хранения результата умножения и делимого имеется специальные два 64-битовые регистра обеспечивающие хранение 64-битового числа.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА БАЗЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ALTIVAR

Кубарев В.А., Богдановская Т.В., Игнатенко О.А., Галлямова О.Р.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

В настоящее время, в связи с возросшими требованиями к эффективности производства, на промышленных предприятиях наблюдается тенденция замены регулируемых электроприводов постоянного тока регулируемыми приводами на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. При этом в ближайшем будущем, при неизбежном росте цен на энергоресурсы, количество установленных частотных преобразователей, а соответственно и асинхронных двигателей год от года будет только расти [1, 2].

Асинхронный привод активно завоевывают рынок, поэтому сейчас крайне актуально обучение студентов и повышение квалификации инженерно-технического персонала. Кроме того, действующие Федеральные государственные образовательные стандарты как высшего, так и среднего профессионального образования направлены на то, что подготовка специалистов СПО, а также бакалавров должна в большей части быть направлено на получение практических навыков, то есть на проведение практических и лабораторных работ, что требует современной лабораторной базы [3, 4].

Поэтому современный лабораторный стенд должен позволять проводить исследования асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, в частности снимать:

- естественную механическую и электромеханическую характеристики;
- энергетические диаграммы;

Проводить исследование разомкнутой системы преобразователь частоты — асинхронный двигатель (ПЧ-АД) и снимать:

- механические характеристики;
- регулировочные характеристики;
- энергетические диаграммы;

Проводить исследование замкнутой системы ПЧ-АД:

- с настройкой контура регулирования скорости;
- с исследованием замкнутой системы;
- снимать энергетические диаграммы.

Кроме того, на стенде должны присутствовать следующие дополнительные сигнальные устройства:

- о включении автомата QF1 — стенд под напряжением.
- о включении контактора KM1,.
- о включении ЭТ6.
- о аварийном останове работы стенда (отключение ЭТ6 или преобразователя частоты).

Для указанных целей и с учётом ранее определенных требований на кафедре электротехники, электропривода и промышленной электроники спроектирован стенд на замену действующей лабораторной установки частотно регулируемого электропривода ТПЧ-АД по дисциплине «Электропривод» для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электропривод» направлений подготовки «Электропривод и автоматика» и «Электроника и нанoeлектроника». Предлагаемый лабораторный стенд позволяет в ручном или автоматическом режиме снимать характеристики асинхронного двигателя.

На рисунке 1 приведена блок-схема автоматизированного лабораторного стенда.

В состав стенда входят:

- Программируемый контроллер Fastwel CPC107 с пультом управления и ЖК-дисплеем и источником питания;
- Асинхронный электродвигатель переменного тока (M1);

- Нагрузочный двигатель постоянного тока (M2);
- Частотный преобразователь Altivar 5 (ПЧ) [5];
- Тиристорный преобразователь ЭТ-6 (ЭТ6) [6];

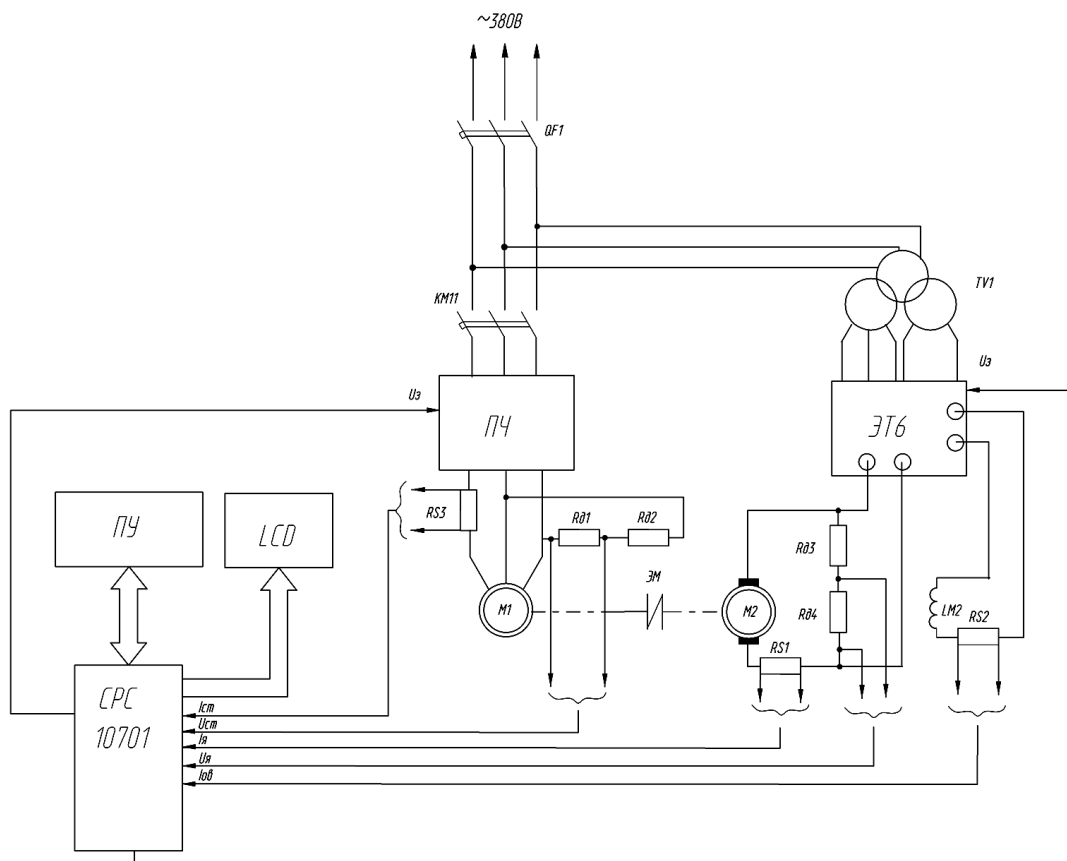


Рисунок 1 — Блок схема стенда

Силовая часть, включающая выключатель автоматический (Q1), контактор управления (KM1), трансформатор преобразователя (TV1), а также датчики тока и напряжения в цепях испытуемого и нагрузочного двигателей.

Персональный компьютер - рабочее место студента (ПК) с установленными на нём программным обеспечением.

Исходя из функциональной схемы, была разработана техническая структура аппаратного обеспечения стенда с возможностью проведения автоматизированного эксперимента, представленная на рисунке 2. Данная структура показывает технические связи между устройствами входящими в систему сбора данных и управления и внешними системами.

Разработано программное обеспечение для автоматизированной системы сбора данных стенда. Программное обеспечение создавалось по принципу модульности, который подразумевает, что каждая независимая функция заключается в отдельный модуль, имеющий свои входные и выходные параметры и действующий независимо от других модулей опираясь только на значения входных параметров [7].

Для получения нормированного времени исполнения цикла программы, и гарантированных метрологических характеристик системы программа разделена на две части: вызываемую и вызывающую. Вызывающая часть работает с оборудованием сбора данных, и выполняются все основные, требующие метрологического нормирования функции системы, а в вызываемой находятся функции работы с пользователем и обработки информации. Алгоритм основной программы с привязкой к таймеру приведен на рисунке 3, а алгоритм подпрограммы работы с сигналами и выработки управляющих воздействий приведен на рисунке 4.

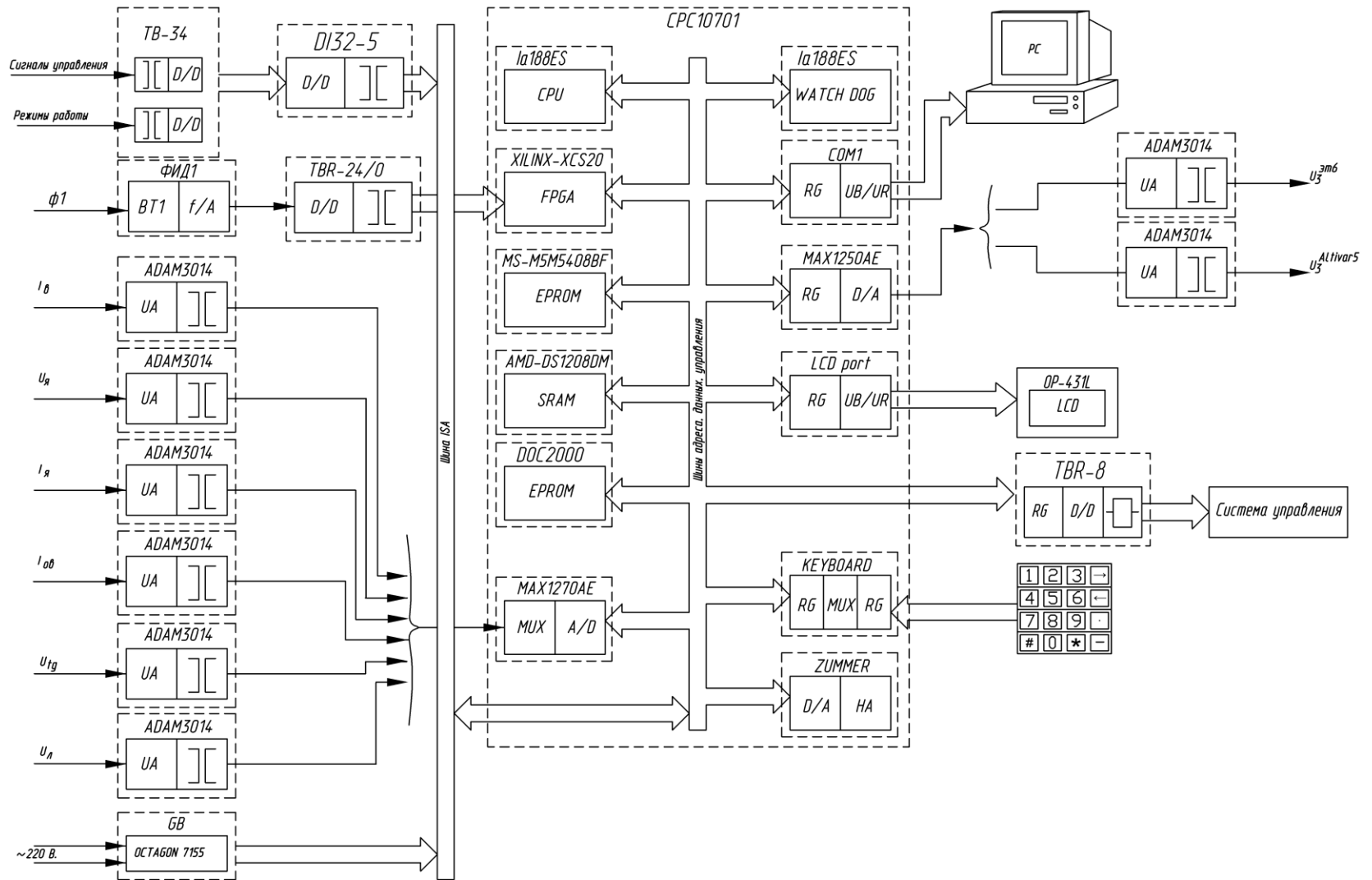


Рисунок 2 — Техническая структура лабораторного стенда

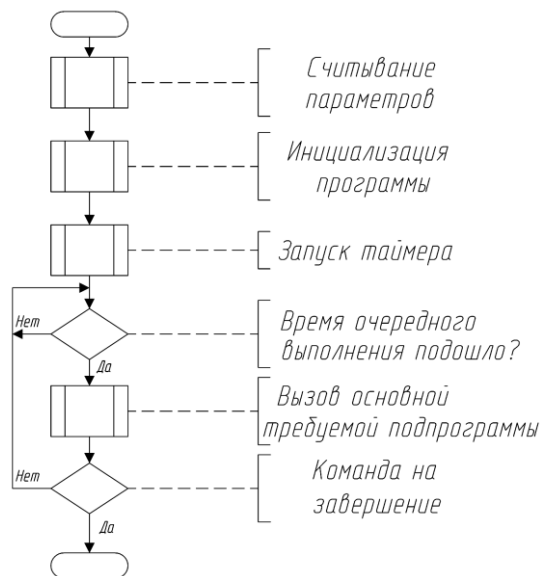


Рисунок 3 — Алгоритм основной программы с привязкой к таймеру

На базе представленного стенда планируется проведение лабораторных работ по следующим темам:

Лабораторная работа «Исследование механических и электромеханических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором» – изучение основных характеристик асинхронного двигателя.

Лабораторная работа «Исследование основных характеристик частотно-регулируемого асинхронного электропривода» - изучение основных характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании.

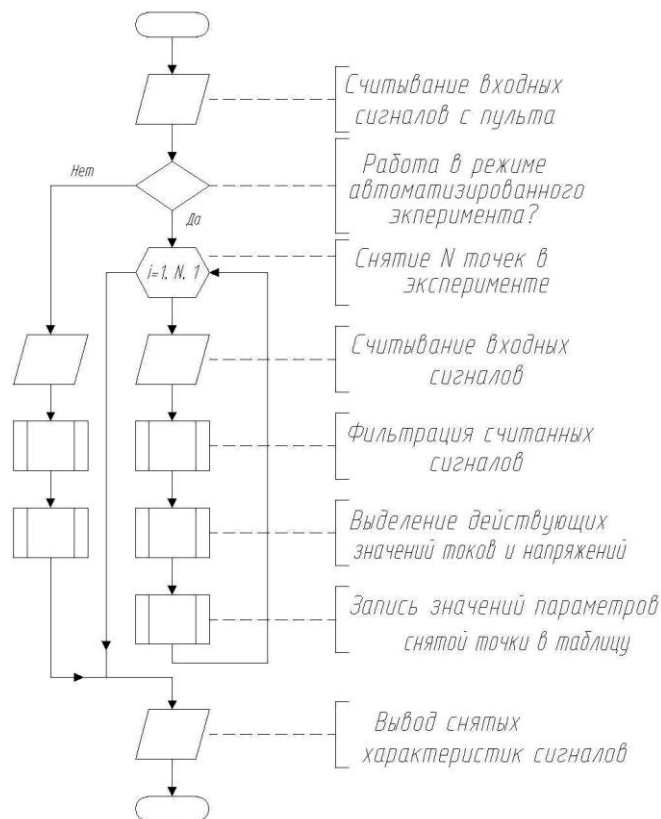


Рисунок 4 — Алгоритм подпрограммы работы с сигналами, и выработки управляющих воздействий

Библиографический список

1. Анучин А.С., Системы управления электроприводов : учебник для вузов. / Анучин А.С. - М.: Издательский дом МЭИ, 2019. - ISBN 978-5-383-01258-1 - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383012581.html> (дата обращения: 26.09.2019).
2. Фащиленко В.Н., Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий : Учеб. пособие / Фащиленко В.Н. - М. : Горная книга, 2011. - 260 с. - ISBN 978-5-98672-189-7 - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785986721897.html> (дата обращения: 26.09.2019).
3. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата). URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/130302.pdf> (дата обращения: 26.09.2019).
4. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры). URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvom/130402_Elektroenergetika.pdf (дата обращения: 26.09.2019)
5. Altivar 5 series 45. Variable speed controllers for asynchronous motors. User's manual. / Groupe Schneider, 1993. - 123 с.
6. Электропривод постоянного тока серии ЭТ6. Паспорт.
7. Островляничик, В.Ю. Принцип построения системы логического управления шахтной подъёмной установкой // В. Ю. Островляничик, В. А. Кубарев / Научный вестник Новосибирского государственного технического университета. 2012. № 4 (49). С. 186-190.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ

Колмогоров А.Г., Григорьева Ю.Е.

Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Россия

В настоящее время в системах высшего технического образования для успешного обучения применяются новые современные методы и технологии. Повсеместное внедрение в учебный процесс высшей школы информационных технологий значительно повышает качество образования. Электронные образовательные ресурсы (ЭОР) включают в себя данные, теоретическую информацию, программное обеспечение, различные виды контроля и, в том числе, виртуальные лабораторные комплексы, в которых реализуются:

- имитационное моделирование реальных явлений и технологических процессов,
- применение измерительных и рабочих методик,
- графическая визуализация процессов,
- виртуальные модели технологического оборудования и пр.

ЭОР наряду с классическими формами обучения имеют следующие преимущества: доступность, наглядность, актуальность, возможность внесения изменений и новшеств, удобство для самоподготовки и самопроверки обучающихся, возможность дистанционного обучения, входной, итоговый и промежуточный контроль в различной форме, задания для проведения исследования и т.д.

Но применение ЭОР не решает все задачи высшего образования, определенные государственными стандартами. Так, например, по направлению подготовки бакалавриата 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» Федеральный государственный образовательный стандарт содержит требования по практическому освоению и внедрению современных методов автоматизации, контроля и измерений. Это возможно только с использованием, кроме ЭОР, других форм, методов и инструментов обучения. Поэтому задача подготовки высококвалифицированных кадров, имеющих как современные знания, так и практические навыки, требует комплексного обучения, поэтому необходимость применения в учебном процессе технических средств, оснащение лабораторий и кабинетов новейшим оборудованием

и приборами, модернизация лабораторных стендов для совершенствования содержания обучения, средств и методов подготовки специалистов является актуальной.

На данный момент рынок лабораторного оборудования для учебных заведений различного уровня содержит ряд готовых решений от нескольких отечественных производителей. Опыт приобретения подобного оборудования не всегда оказывается успешным, так как заявленный функционал лабораторных стендов не всегда соответствует действительности, при этом цена на оборудование подчас оказывается необоснованно высока. Данное обстоятельство наводит на мысль о необходимости и целесообразности разработки в рамках НИРС собственного лабораторного оборудования силами студентов, преподавателей и инженерного персонала вуза. Подобный подход позволяет во многом учесть особенности подготовки специалистов по соответствующему профилю и обеспечить необходимые компетенции выпускников в соответствии с учебным планом. Попытка разработки собственного лабораторного стенда была предпринята во ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «АнГТУ») на кафедре автоматизации технологических процессов (АТП).

В результате проведенных проектно-конструкторских, монтажных и методических работ, на кафедре АТП был разработан и внедрен в учебный процесс лабораторный стенд «Измерение и регулирование температуры», внешний вид которого представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 - Внешний вид стенда «Измерение и регулирование температуры»

Лабораторный стенд представляет собой щитовую настольную конструкцию с закрепленными на ней приборами, средствами коммутации и сигнализации. Подключение первичных преобразователей температуры осуществляется при помощи 3-х блоков быстросъемных соединений RCA («тюльпан»), вмонтированных в нижнюю часть стенда.

Для комплектования стенда были закуплены приборы, преимущественно, отечественной фирмы «Овен» [1], такие как:

- датчик температуры ДТС 045-50М.С3.120,
- датчик температуры ДТС 045-100М.С3.120,
- датчик температуры ДТС 045-100П.С3.120,
- датчик температуры ДТПК 045-0200.120,
- датчик температуры ДТПЛ 045-0100.120,
- датчик температуры воздушный ДТС 125-50П.В2.100,
- вторичный прибор измеритель-регулятор ТРМ-148,
- двухпозиционный регулятор температуры ТРМ-502,
- калибратор универсальный РЗУ-420,

- индикатор токовой петли ИТП-11,
- нормирующий преобразователь НПТ-1.00-1.1,
- нормирующий преобразователь НПТ-2.06.1.2,
- универсальный преобразователь интерфейсов НП-КП-20,
- барьер искрозащиты ИСКРА-ТС.02,
- автоматический преобразователь интерфейсов RS-232/RS-485 АС3-М-220,
- эмулятор печи ЭП-10,
- контроллер ПЛК 150-220.А-М,
- модуль ввода аналоговых сигналов МВ110-224.8А,
- модуль вывода дискретных сигналов МУ110-8Р,
- блоки питания БП14Б-Д4 и БП60Б-Д4-24.

Дополнительно стенд укомплектован сенсорной цветной панелью оператора Weintek MT6100i фирмы Weintek Labs, мультиметром MS8239C фирмы Mastech, ртутным образцовым термометром ТИН-5-3. В качестве теплового объекта используются электрический чайник с водой, подключаемый к стенду через смонтированную розетку 220 В, напряжение к которой подводится через двухпозиционный регулятор температуры ТРМ-502. Таким образом, воду в чайнике можно нагревать до нужного значения в диапазоне 30-100 °С. Вторым тепловым объектом является эмулятор печи ЭП-10 фирмы «Овен», управление температурой которого осуществляется при помощи контроллера ПЛК 150-220.А-М. Также стенд укомплектован пластиковой емкостью (2 литра), заполняемой холодной водой и служащей для охлаждения нагретых датчиков температуры.

Для программирования нормирующих преобразователей, контроллера и панели оператора используется ноутбук с установленным специальным программным обеспечением. Электрическое питание стенда осуществляется от сети однофазного переменного тока напряжением 220 В.

Как бы ни был оснащен лабораторный стенд аппаратно, его применение на практике ограничено без соответствующего методического обеспечения с четкой постановкой целей, задач, порядка и условий проведения работ. В рамках работы над стендом была проанализирована его структура и состав, выявлены его функциональные возможности. К настоящему моменту разработано и оформлено в виде методических указаний пять лабораторных работ по экспериментальному исследованию контактных преобразователей температуры, как в составе информационно-измерительных систем, так и в составе систем автоматического регулирования (САР). Вкратце охарактеризуем каждую из них.

Лабораторная работа № 1 «Определение погрешности измерительных каналов температуры». В процессе работы студент проводит на стенде экспериментальные исследования погрешностей различных преобразователей температуры – термоэлектрических преобразователей и термометров сопротивления различных номинальных статических характеристик (НСХ) и приобретает практические навыки по подключению датчиков к вторичному прибору ТРМ-148; настройке его измерительных каналов под конкретный вид НСХ преобразователя температуры; расчету абсолютной и относительной погрешности измерительного канала температуры в комплекте с ТРМ-148.

Лабораторная работа № 2 «Нормирование выходных сигналов первичных преобразователей температуры». В процессе работы студент проводит экспериментальные исследования по нормированию выходного сигнала различных преобразователей температуры и приобретает практические навыки по программированию интеллектуальных нормирующих преобразователей НПТ-1 и НПТ-2 под конкретный вид НСХ; подключению датчиков и настройке прибора ТРМ-148 по интерфейсу токовой петли; теоретическому расчету величины токового выхода преобразователя; определению основной приведенной погрешности данного значения относительно инструментально определяемого.

Лабораторная работа № 3 «Определение показателя тепловой инерции первичных преобразователей температуры». В процессе работы студент ставит эксперименты по снятию

динамических переходных характеристик (с визуализацией при помощи панели оператора Weintek) различных преобразователей температуры в ходе их нагрева и охлаждения, а также получает практические навыки по определению показателя тепловой инерции датчиков, в соответствии с методикой, представленной в [2].

Лабораторная работа № 4 «Основы программирования ПЛК-150 в среде CoDeSys и его взаимодействие с эмулятором печи ЭП-10». В процессе работы студент получает практические навыки по созданию нового проекта для контроллера ПЛК-150 в среде программирования CoDeSys с целью создания САР температуры в эмуляторе печи; изучает аппаратное обеспечение контроллера.

Лабораторная работа № 5 «Основы разработки визуальной части проекта на панели оператора Weintek в среде Easy Builder 8000». В процессе работы студент получает практические навыки по созданию нового проекта в среде визуализации Easy Builder 8000 панели Weintek; учится разрабатывать и загружать графические экранные формы, привязывать переменные к элементам графического интерфейса; учится писать макросы для анимации графических элементов интерфейса.

Необходимо отметить, что данный перечень лабораторных работ не является окончательным и в настоящее время ведутся дополнительные изыскания в этой области.

Применение специализированных лабораторных стендов позволяет использовать их как эффективный инструмент освоения и проверки профессиональных навыков и компетенций обучающихся. С целью наиболее результативного изучения различных дисциплин на кафедре АТП ФГБОУ ВО «АнГТУ» и приобретения обучающимися необходимых практических навыков в области автоматизации технологических процессов, технических измерений, метрологии разработан и собран учебный лабораторный стенд по измерению и регулированию температуры.

Библиографический список

1. Контрольно-измерительные приборы «Овен» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.owen.ru>, свободный. – Загл. с экрана. (дата обращения: 25.09.2019).
2. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 1999-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1998. – 12 с.

СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ СРЕДЫ ДОСТУПА К ЭЛЕКТРОННЫМ РЕСУРСАМ В УНИВЕРСИТЕТЕ

Койнов Р.С.¹, Сергачева М.Л.¹, Степанова Л.О.¹, Пургина М.В.²

¹ *Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк;*

² *Новосибирский государственный университет экономики и управления, г. Новосибирск*

Аннотация

Электронные ресурсы в современном мире являются неотъемлемой частью учебной и научной деятельности вуза. Их создание, своевременное обновление, агрегирование, удобство использования для пользователей, наличие средств обеспечения их безопасности – залог максимально большого охвата аудитории, увеличения «видимости» науки конкретного образовательного учреждения, минимизации расходов на «бумажные носители». В статье представлен накопленный опыт создания единой среды доступа к электронным ресурсам на примере ресурсов научно-технической библиотеки Сибирского государственного индустриального университета.

Введение

Построение информационного общества нового тысячелетия потребовало продуманной стратегии и совместного плана действий вуза и библиотеки. Вузовская библиотека не существует изолированно, а является частью единой научно-образовательной информацион-

ной среды университета.

В настоящее время библиотека, выполняя миссию сбора, накопления и предоставления информационных ресурсов, является связующим звеном между производителями контента и потребителями.

Важнейшим направлением деятельности университетской библиотеки является организация доступа к собственным и приобретенным электронным ресурсам и продвижение интеллектуального достояния вуза как во внутреннюю научно-образовательную среду, так и в мировое информационное пространство.

Опыт создания единой среды доступа к электронным ресурсам

Использование современных информационно-коммуникационных технологий в работе научно-технической библиотеки СибГИУ позволяет формировать интеллектуальное информационное пространство вуза и открывать доступ широкому кругу пользователей к научным и образовательным ресурсам посредством ОПАС нового поколения. Реализация данной задачи стала возможна в результате интеграции автоматизированной библиотечной системы в электронную информационно-образовательную среду вуза (ЭИОС) и организации корпоративного взаимодействия авторов и библиотечных специалистов.

Web-портал научно-технической библиотеки СибГИУ (<http://library.sibsiu.ru>) предоставляет пользователям доступ к следующим информационным ресурсам: электронной библиотеке (ЭБ), электронному каталогу (ЭК), электронно-библиотечным системам (ЭБС), информационным и справочно-правовым базам данных и т.п.

Электронный каталог (<http://libr.sibsiu.ru>) включает информацию о всех ресурсах из фонда библиотеки, включая электронные издания.

Электронная библиотека (<http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryIndex.asp>) формируется на основе учебных и научных документов, изданных или опубликованных преподавателями, исследователями, научными сотрудниками университета.

Важнейшие компоненты ЭБ – это электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК), электронные учебники, учебные пособия, конспекты лекций, учебно-методические издания, которые позволяют повысить эффективность образовательного процесса, усовершенствовать средства обучения и расширить доступ студенческой аудитории к этим ресурсам.

Каждая вузовская библиотека уделяет особое внимание научным трудам ученых вуза. В настоящее время Электронный каталог и Электронная библиотека НТБ СибГИУ аккумулируют всю информацию о результатах научной и педагогической деятельности преподавателей и сотрудников университета. Коллекция включает: диссертации, авторефераты, монографии, отчеты НИР, материалы конференций, сборники трудов, статьи из периодических и продолжающихся изданий.

Изначально в 90-х годах библиографическая база данных «Труды ученых СибГИУ» создавалась на основе локальной АИБС «МАРК», доступ к которой был возможен только на компьютерах библиотечной сети.

После перехода на интегрированную библиотечную систему Virtua информация о трудах ученых университета стала доступной для удаленного поиска. Современный ОПАС позволил организовать информационное обслуживание не только внутри университета, но и создать открытую платформу для всеобщего доступа к информации научного сообщества университета. Внешнюю БД статей в Электронном каталоге (http://virtua.sibsiu.ru/cgi-bin/gw_2011_1_4_4/chameleon) сохранили для ретро-поиска научных публикаций до 2010 года.

Современная коллекция научных публикаций профессорско-преподавательского состава университета в ЭК отражает полное библиографическое описание статьи, предоставляет доступ к полному тексту, позволяет формировать списки и вести учет статей.

До определенного времени библиотека испытывала трудности со сбором статей при отсутствии первоисточников в фонде НТБ, в связи с чем не все научные публикации преподавателей отражались в Электронном каталоге. Наполняемость БД напрямую зависела от совместной работы библиотекаря, ответственного за ведение БД, и автора, предоставляющего источник публикации.

Активное пополнение Электронной библиотеки полнотекстовыми научными публикациями началось в 2014 году в результате участия библиотеки в автоматизированной Системе мониторинга эффективности деятельности профессорско-преподавательского состава СибГИУ (<http://monitoring.sibsiu.ru>). Авторы публикаций размещают в информационной системе заявку, отражающую основные библиографические сведения, и вложенный файл электронной версии статьи. Далее к работе с заявками подключаются сотрудники научно-технической библиотеки.

Алгоритм работы библиотекарей в системе мониторинга включает следующие этапы: просмотр заявок; проверка файла (качество изображения, наличие титульного листа источника, содержания, полного текста статьи); сверка наличия библиографической записи в Электронном каталоге; создание или редактирование записи; размещение файла в Электронной библиотеке и ссылки в записи ЭК; одобрение объекта (статьи) и добавление в Личный кабинет автора библиографического описания публикации со ссылкой на полный текст.

В результате в Электронном каталоге и Электронной библиотеке отражаются публикации ученых с доступом к электронной версии статьи, а в Личном кабинете преподавателя Системы мониторинга эффективности деятельности университета формируется интерактивный список публикаций со ссылкой на полный текст, на основании которого проводится мониторинг рейтинга преподавателей университета.

Проведенный анализ пополнения каталога библиографическими записями публикаций показал значительный рост количества статей в коллекции «Труды ученых СибГИУ» после запуска Системы мониторинга (таблица 1, рисунок 1). Если в 2011–2013 гг. в среднем в ЭК создавалось 600 записей статей ежегодно, то с 2014 года в среднем обрабатывалось 1300 статей в год, при этом существенно увеличилось количество прикрепленных файлов с полным текстом.

Таблица 1 – Труды ученых СибГИУ в составе Электронного каталога по годам

2013	2014	2015	2016	2017	2018	Виды изданий
513	521	517	524	533	541	Авторефераты
31	236	377	381	389	392	Диссертации
100	131	157	192	206	224	Материалы конференций
108	139	164	190	208	241	Монографии
72	96	100	120	131	135	Отчеты НИР
115	128	145	158	166	176	Сборники трудов
1	2	26	31	31	31	Справочники
1817/650	3074/2005	4608/3432	6163/4878	7356/6069	8330/6986	Статьи / ссылки на файл

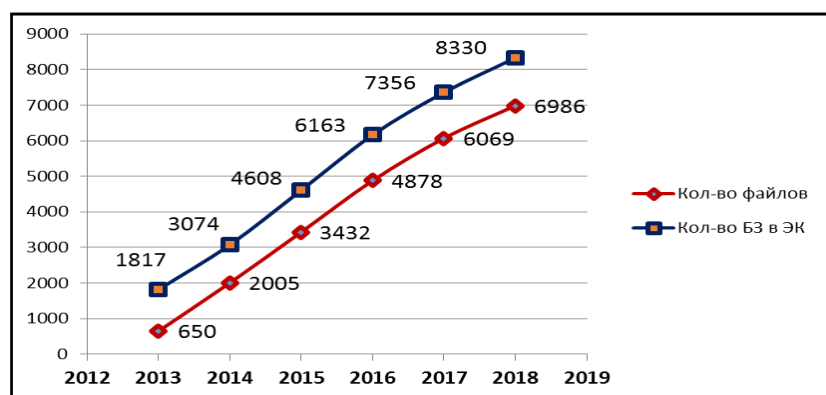


Рисунок 1 – График поступлений публикаций по годам

Таким образом, в открытом доступе формируется массив полнотекстовых опубликованных материалов, который может быть использован в образовательном процессе и научных

исследованиях. Документы в цифровой форме распространяются практически мгновенно. Размещение информационного массива в Электронном каталоге обеспечивает доступ в режиме 24/7, что несопоставимо с графиком работы библиотек. В связи с этим количество обращений к открытым научным публикациям ученых СибГИУ стремительно растет (рисунок 2).

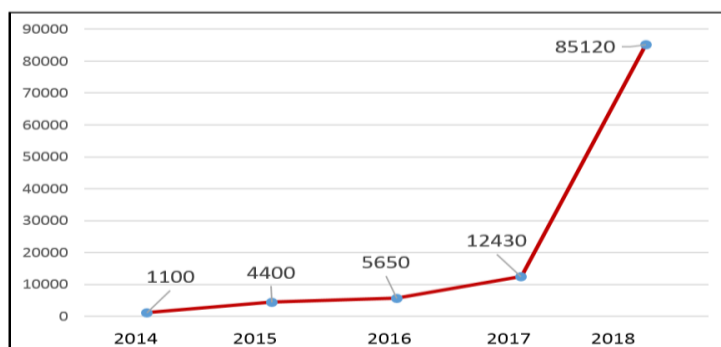


Рисунок 2 – График обращений к научным публикациям по годам

Естественно, что при подобной технологии распространения научной информации в виртуальном пространстве критически важным является обеспечение безопасности систем, соблюдение авторских прав, создание различных вариантов аутентификации и авторизации пользователей. Авторами было проведено отдельное исследование на эту тему, результаты которого представлены в [1].

Портал научно-технической библиотеки является аналитическим инструментом, позволяющим в какой-то степени осуществлять оценку результативности и эффективности научно-исследовательской деятельности ученых, базовой виртуальной средой для продвижения интеллектуального контента СибГИУ в научно-образовательную информационную среду сети Интернет и способствует выполнению важной задачи повышения индекса цитирования и индексирования научных трудов преподавателей университета.

Опыт разработки сводного каталога библиографических объектов

Единая среда доступа к электронным ресурсам в университете предоставляет возможность использовать в научно-образовательном процессе не только собственные библиографические и полнотекстовые БД, но и Электронно-библиотечные системы (ЭБС), доступ к которым возможен на условиях контракта с правообладателями контента.

Наличие электронных библиотечных систем в вузе – требование времени. Следует отметить, что наряду с массой достоинств, ЭБС имеют и ряд недостатков. В 2018 году журнал «Университетская книга» провел исследование «ЭБС: как это работает на практике», в котором приняли участие 483 российские библиотеки (из них 82,3% – библиотеки вузов). На вопрос «Каких сервисов не хватает респондентам?» большинство респондентов отметили, что при взаимодействии с агрегаторами не хватает таких сервисов, как единая точка входа (46,0%) и интеграция с собственными ресурсами (32,5%). [2]

Университет имеет организованный доступ к электронным ресурсам следующих ЭБС: «Консультант студента», «Лань», «Университетская библиотека онлайн», «Юрайт». Каждая ЭБС имеет свой каталог для поиска изданий по библиографическим данным с возможностью чтения полных текстов. Поэтому преподаватель в своей работе при подборе изданий по теме сталкивается с необходимостью поиска в нескольких каталогах. Проблема «сквозного» поиска по всем каталогам ЭБС стоит достаточно остро. В связи с этим было решено разработать Сводный каталог библиографических объектов для одновременного поиска необходимой информации в всех ЭБС и Электронном каталоге НТБ СибГИУ.

Созданный сводный каталог фактически представляет собой базу данных с таблицей, содержащей следующие поля: код библиографической записи в системе-источнике (для синхронизации), библиографическое описание (сформированное по ГОСТу), авторы, название,

год издания, ключевые слова, ссылки на источник, ссылки на обложку (при наличии). Все ЭБС в своей административной панели предоставляют возможность выгрузки массива библиографических записей в формате rusmarc или usmarc. В связи с тем, что данные форматы для представления библиографических данных в машиночитаемой форме имеют множество несовпадений, для загрузки данных из ЭБС (rusmarc) и ЭК (usmarc) в единую БД были разработаны индивидуальные программы-конвертеры.

Поиск информации в Сводном каталоге библиографических объектов возможен одновременно во всех ЭБС и Электронном каталоге, а также отдельно по каждому источнику. При формировании поискового запроса необходимо указать источник (Везде, ЭБС, Электронный каталог); определить область поиска (Везде, Название, Авторы, Ключевые слова); выбрать тип поиска (Содержит, Равен); ввести поисковые термины, при необходимости – год издания. Окно поиска представлено на рисунке 3.

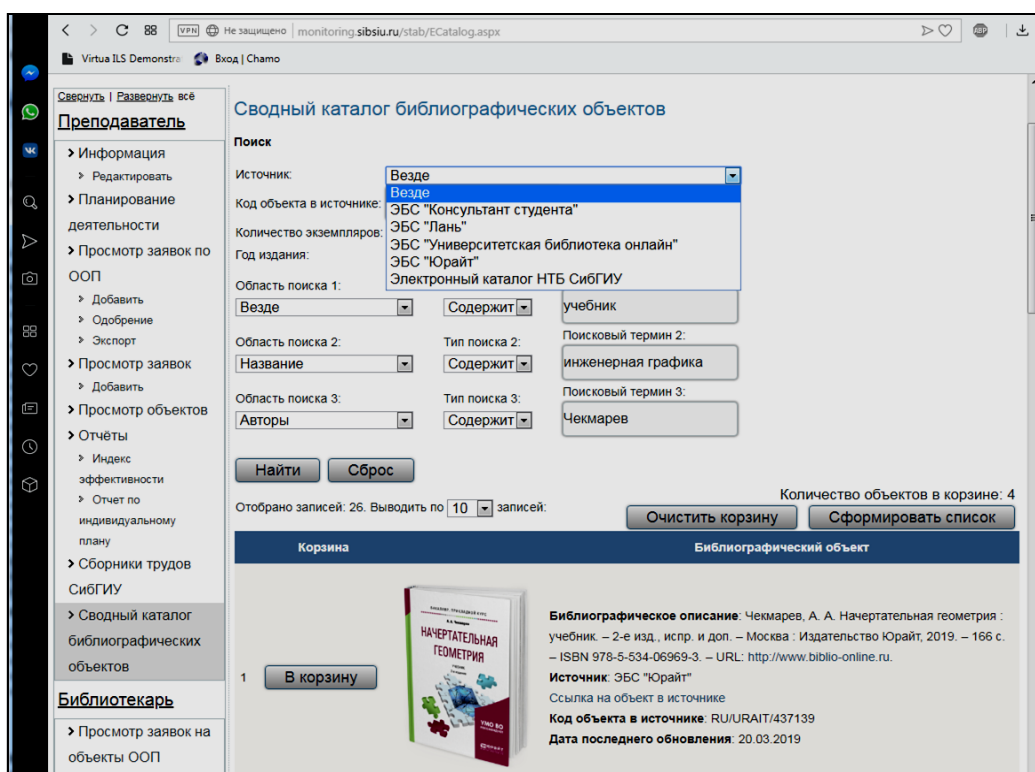


Рисунок 3 – Окно поиска по сводному каталогу библиографических объектов

После осуществления поиска на экране отобразится следующая информация: библиографическое описание объекта, код объекта в системе-источнике, дата последнего обновления записи, количество экземпляров (для печатных изданий), обложка (при наличии), ссылка на объект в источнике. Необходимо просмотреть результат поиска, выбрать необходимый библиографический объект и добавить в корзину, затем сформировать список в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.100 –2018. Таким образом, созданный Сводный каталог библиографических объектов является единой «точкой доступа» к собственным БД и ресурсам Электронных библиотечных систем.

Дальнейшие перспективы вузовских библиотек

Сегмент электронных образовательных ресурсов быстро растет и развивается. Разработчики ЭБС заинтересованы в расширении рынка, поэтому учитывают предпочтения и информационные потребности клиентов. В ближайшем будущем ожидается превращение ЭБС как отдельных платформ в экосистемы, объединяющие многие образовательные сервисы. Уже сейчас разработчики ЭБС сотрудничают с производителями АБИС, систем проверки на плагиат, дискавери-сервисами, ресурсами дистанционного обучения. Вполне вероятный путь

– интеграция с платформами адаптивного обучения, которые на основании данных об успеваемости создают индивидуальные образовательные траектории для каждого студента. Может быть, через какое-то время вузы будут использовать системы, включающие десяток ЭБС, рекомендательных сервисов, правовых платформ и много чего другого. [3]

В сентябре 2018 года в Научной библиотеке Томского государственного университета состоялся Всероссийский форум «Университетская библиотека: точки роста», одна из ключевых дискуссий которого была посвящена «Концепции развития вузовских библиотек России» на 2019–2024 гг. Особо было отмечено важнейшее направление деятельности библиотек – «содействие задачам университетов в области увеличения «видимости» российской науки» [4].

Недавно сделан еще один важный шаг для перехода к открытой науке – объединение университетских цифровых хранилищ на единой платформе. В 2018 году стартовал проект «Национальный агрегатор открытых репозиторий российских университетов». НОРА призвана стать единым пространством для сбора информации о результатах исследований российских ученых и предоставления доступа к материалам, опубликованным в открытом доступе. В настоящее время репозиторий объединяет 12 университетов и научно-исследовательских центров, содержит более 200 тыс. научных документов. [5] Присоединиться к проекту может любой университет, а вузовская библиотека – инициировать этот процесс.

Заключение

В статье представлен опыт создания единой среды доступа к электронным ресурсам в университете. Приведены этапы развития электронных ресурсов. Показаны методы решения задачи организации доступа к ресурсам по методу «единого окна». Представлены перспективные задачи Научно-технической библиотеки СибГИУ по дальнейшему продвижению электронных ресурсов вуза в мировом информационном пространстве и повышению «видимости науки».

Библиографический список

1. Койнов, Р. С. Модель управления доступом типовой библиотечной информационной системы / Р. С. Койнов, А. С. Добрынин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика : научный журнал. – 2016. – № 4. – С. 46-54. – Библиогр.: с. 52 (6 назв.). – Режим доступа: <http://library.sibsiu.ru>.
2. Каплин, Р. ЭБС в библиотеках: три года экстенсивного развития. Ч. 1 : [материал о результатах исследования «ЭБС: как это работает на практике», проведенного журналом «Университетская книга» в 2018 году] / Р. Каплин. // Университетская книга. – 2018. – № 11. – URL: <http://www.unkniga.ru/biblioteki/fonds/9042-eps-v-bibliotekah-3-goda-extensivnogo-razvitiya.html> (дата обращения: 05.04.2019).
3. ЭБС в библиотеках: от формального подключения к качественному подходу и открытой статистике : [обсуждение перспектив развития электронных библиотечных систем представителями ЭБС] / Н. Иванова, П. Берберов, Н. Нестерова, А. Молчанов, Д. Кудинов // Университетская книга. – 2018. – №12. – URL: <http://www.unkniga.ru/freemic/9118-eps-v-bibliotekah-ot-formalnogo-podklyucheniya.html> (дата обращения: 05.04.2019).
4. Результаты общественного обсуждения «Концепции развития вузовских библиотек России» / Научная библиотека Томского государственного университета. – URL: <http://www.lib.tsu.ru/ru/rezultaty-obshchestvennogo-obsuzhdeniya-konceptii-razvitiya-vuzovskih-bibliotek-rossii> (дата обращения: 05.04.2019).
5. НОРА. Национальный агрегатор открытых репозиторий : сайт / НЭИКОН. – URL: <https://openrepository.ru> (дата обращения: 05.04.2019).

О НОВОМ ПОДХОДЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ В УЧРЕЖДЕНИИ СПО

Миронова Е.В., Лебедев В.А.

*Новокузнецкий транспортно – технологический техникум,
г. Новокузнецк, Россия*

В условиях рыночной экономики и достаточно жесткой конкуренции между производителями схемы управления электрооборудованием постоянно модернизируются. При этом предпочтение отдается наиболее надежным и недорогим схемам. Не стали исключением и программируемые реле.

Программируемые реле – относительно новый класс устройств, и на российском рынке они появились сравнительно недавно. Они позволяют существенно сократить количество коммутируемых элементов, что значительно повышает надежность и безопасность схем управления. При этом значительно снижаются затраты на проектирование и эксплуатацию систем электроавтоматики.

Появление новой элементной базы предъявляет к электромонтерам и электромонтажникам новые требования, связанных с ремонтом и обслуживанием программируемых реле. Однако, действующие ФГОС по этим специальностям не содержат соответствующих компетенций, так как на момент разработки последних образовательных стандартов программируемых реле на российском рынке практически не было.

Между тем, в последние годы резко возросла потребность в специалистах электротехнического профиля, способных не только выполнять типовые электромонтажные работы, но и уметь проектировать схемы управления устройствами электроавтоматики на основ программируемых реле.

Для решения этой проблемы в Новокузнецком транспортно – технологическом техникуме применяется новый подход к выполнению выпускных квалификационных работ, который основан на самообразовании и технологии опережающего обучения.[1] Суть подхода в том, что из всех студентов предвыпускного курса выбираются ребята, способные заниматься самообразованием и готовые осваивать новые технологии за рамками учебного процесса. При этом полученные знания подкрепляются практическим опытом, который ребята приобретают при выполнении выпускных квалификационных работ.

По итогам 2017 – 2018 учебного года было сформировано две творчески группы по 5 человек. Далее, в 2018 – 2019 учебном году началась работа над выпускной квалификационной работой, которая осуществлялась в несколько этапов.

Первый этап: выбор темы для выпускной квалификационной работы. На этом этапе были окончательно определены темы ВКР и выбраны принципиальные схемы стендов. При этом учитывались индивидуальные пожелания обучающихся, материальная база учебного заведения и требования чемпионата рабочих профессий WorldSkills Россия в компетенции «Электромонтаж». В рамках этого этапа было приобретено недостающее оборудование для стендов за счет личных средств выпускников.

Второй этап: сбор информации. В рамках этапа изучались паспорта на электрооборудование, включая программируемые реле. Одна группа изучала реле ПР 110 – 220. 8ДФ.4Р., а другая – ONI PLR – S. Сложность этапа заключалась в том, что необходимая информация практически отсутствует.

Третий этап: сборка стенда. Сборка стенда осуществлялась в электромонтажной мастерской техникума вне основного учебного процесса. Предварительно были определены размеры будущего изделия, согласно которым изготовлено основание из стеклотекстолита. После этого была произведена разметка и установка всех элементов стенда. Монтаж программируемых реле и автоматических выключателей производился на заранее подготовленные DIN – рейки. Монтаж остальных элементов стенда производился по традиционной тех-

нологии под руководством мастера производственного обучения. Для обеспечения безопасности использования и улучшения внешнего вида изделий все элементы электропроводки были размещены в кабель – канале.

Четвертый этап: программирование реле. [2] Данный этап является наиболее сложным и ответственным. Основная сложность при программировании реле заключается в отсутствии учебной литературы по соответствующей тематике. Основным источником информации является руководство пользователя, которое не раскрывает всех аспектов разработки программного обеспечения. Программирование реле ПР 110 – 220. 8ДФ.4Р. осуществлялось в следующей последовательности:

- установка среды программирования OWEN Logic на ПК
- запуск среды программирования
- создание нового проекта согласно принципиальной схеме стенда с использованием визуального языка на основе графических блоков FBD
- сохранение проекта на жестком диске ПК
- отладка проекта в режиме симуляции
- загрузка проекта в программируемое реле с использованием интерфейса RS -232

Программирование реле ONI PLR – S осуществлялось аналогичным образом с использованием специфичной для него среды программирования.

Пятый этап: апробация стендов. Испытание и апробация стендов проводились на базе электромонтажной мастерской техникума. При этом внешним осмотром было проверено качество монтажа и надежность электрических соединений. Затем было выполнено пробно включение стендов, в ходе которого было опробовано и отлажено соответствующее программное обеспечение.

Проведенная работа позволила достичь следующих результатов:

Были созданы два действующие стенда на основе современных программируемых реле, позволяющие подготовить обучающихся к участию в чемпионате рабочих профессий WorldSkills.

Студентами и мастером производственного обучения был освоен визуальный язык программирования основе графических блоков FBD, который будет востребован в будущем.

Наработана учебно – методическая база, позволяющая быстро обучать программированию реле студентов старших курсов техникумов, делая их более конкурентоспособными на рынке труда в будущем.

Библиографический список

1. Иванов, В. Н. Образовательные технологии в современном мире. [Текст] /В.Н. Иванов. - М.: АРГУС, 2014. – 78 с.
2. Гайнутдинов, К.Р. Программирование реле ОВЕН. Вводный курс. [Текст] /К.Р.Гайнутдинов. – Интернет - издание, 2013. – 95 с.

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ НАУЧНО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА «АВТОМАТИКА»

Овсюков А.Е., Колодин А.А., Мельник С.А.

Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск

Научно образовательный центр «Автоматика» (НОЦ «Автоматика») функционирует при кафедре «Автоматизация и управление». Кафедра (первоначальное название «Автоматизация производственных процессов») была организована доктором технических наук Анатолием Ивановичем Орловым в Иркутском политехническом институте в 1962 году, он и стал её первым заведующим.

В разные годы кафедра кроме как ведения учебного процесса занималась научной ра-

ботой в различных областях, таких как гидрометаллургия, автоматизация технологических процессов, разработка аналитических систем измерения. Так же кафедра выполняла различные договорные работы по разработке и внедрению систем управления.

НОЦ «Автоматика» был организован в целях формирования творческих личностей, повышения качества подготовки высококвалифицированных специалистов, решения теоретических и практических задач в области автоматизации. В состав центра входят студенты, магистранты, аспиранты и сотрудники кафедры. Основные направления деятельности:

- исследование технологических процессов, как объектов контроля, регулирования и управления;
- разработка математических и физических моделей технологических процессов, алгоритмизация и оптимизация управления;
- разработка средств измерения технологических параметров;
- исследование и разработка сложных автоматических систем регулирования;
- исследование и разработка адаптивных и оптимальных систем управления;
- проектирование систем автоматизации;
- разработка систем программного обеспечения АСУТП (SCADA);
- разработка, проектирование и изготовление тренажерных систем обучения технологических процессов и систем автоматизации;
- метрологическая экспертиза проектов по АИИСКУЭ;
- консультационные услуги по метрологическому обеспечению и новым средствам измерения и автоматизации.

С 2000-х годов с привлечением НОЦ было выполнено большое количество работ по разработке систем управления в области обогатительных процессов, гидрометаллургии золота, пожарной сигнализации и других направлений. География выполняемых работ достаточно обширна, от Урала до Дальнего востока. Среди крупных предприятий с кем было заключено сотрудничество стоит выделить АО «Южуралзолото Группа Компаний», АО «Алданзолото ГРК», АО «Иргиредмет». Благодаря стараниям коллектива выигран ряд конкурсов, грантов как областного, так и Российского масштаба. Среди выигранных конкурсов стоит отметить конкурс, проходивший в 2013 году, в рамках постановления Правительства Российской Федерации №218 от 09.04.2010г. совместно с АО «Южуралзолото Группа Компаний» по теме «Разработка и внедрение инновационной технологии комплексного извлечения благородных и цветных металлов из бедных и упорных золото-медьсодержащих руд месторождений Южного Урала», в котором главным исполнителем выступал ИРНТУ. Данный проект имел комплексное значение. Он включал в себя 4 уникальных разработки, охватывающие технологические решения и разработку АСУ ТП.

Основными задачами проекта являлись:

- разработка и внедрение технологии автоклавного выщелачивания полученного сульфидного золото-медьсодержащего флотоконцентрата с производительностью 5 тонн сырья в час,
- разработка и внедрение технологии непрерывной высокотемпературной автоклавной десорбции благородных металлов из активных углей, обеспечивающей не только высокие показатели извлечения ценных компонентов, но и повышение энергоэффективности,
- разработка и внедрение автоматизированных систем управления процессами, разрабатываемой технологии переработки упорных золото-медьсодержащих руд, на базе применения современной микропроцессорной техники,
- разработка устройства автоматического контроля содержания в растворах и пульпах цветных и благородных металлов.

Одной из значительных разработок НОЦ «Автоматика» является установка непрерывной десорбции золота. Она предназначена для замены установки периодического действия применяемой в настоящее время. В её состав входит: аппарат непрерывной десорбции (рисунок 1), емкость-накопитель бедного элюата, емкость-накопитель, богатого элюата, бун-

кер-дозатор активного угля, приемник-накопитель, отработанного угля, сорбционная колонна, электролизер.

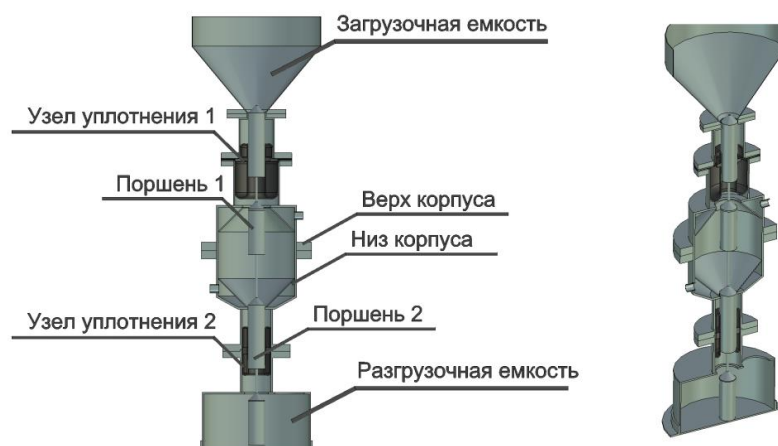


Рисунок 1 – Аппарат непрерывной десорбции

Установка обеспечивает:

- приемку насыщенного и вывод обедненного активированного угля;
- проточный нагрев до рабочей температуры растворов щелочи;
- десорбцию с насыщенного активированного угля золото-цианистых комплексов;
- операцию рециклинга части товарного элюата на вторичное концентрирования в сорбционной колонне;
- утилизация тепла при охлаждении растворов;
- электролиз золотосодержащих растворов.

Главной особенностью этой установки послужила полная автоматизация процесса десорбции в непрерывном режиме. Достаточно всего одного оператора для ведения технологического процесса.

Не менее важной разработкой НОЦ «Автоматика» можно считать ионоселективный электрод для измерения растворенного золота, находящегося в форме $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$, и устройство непрерывного измерения концентрации золота на его основе, на которые были получены соответствующие патенты.

Прибор для автоматического контроля концентрации золота в цианистых растворах выполняет следующие функции:

- непрерывное измерение содержания золота в потоке;
- осуществляет цифровую индикацию текущего значения измеренного параметра;
- ручную и автоматическую калибровку прибора;
- передачу значений аналоговым сигналом и/или по сети в систему управления;
- вывод информации на дисплей ПК, с возможностью удаленного управления и калибровкой прибора, программное обеспечение.

Устройство может быть востребовано на гидрометаллургических фабриках использующие цианистые золотосодержащие растворы в своих технологиях: кучное выщелачивание, сорбция и десорбция золота из активных углей, электролиз золота из щелочных элюатов и др. (рисунок 2).

Реализация данных решений производилась на Березняковской ЗИФ входящей в состав АО «ЮГК».

В рамках реализуемых проектов за последние годы получено более 15 патентов на изобретения, полезные модели и свидетельства программ для ЭВМ.

Кроме того кафедра принимает участие в различных конкурсах и грантах организованных РФФИ, Минобрнауки РФ и др. Так в 2013 году был выигран конкурс в рамках поста-

новления Правительства РФ №218 от 09.04.2010г. совместно с АО «ЮГК» по теме «Разработка и внедрение инновационной технологии комплексного извлечения благородных и цветных металлов из бедных и упорных золото-медьсодержащих руд месторождений Южного Урала», в котором главным исполнителем выступал ИрННТУ.

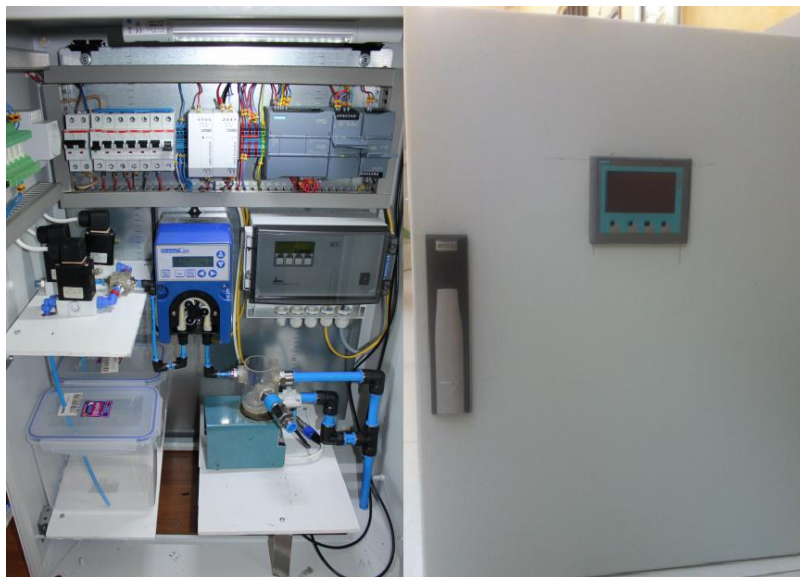


Рисунок 2 – Общий вид прибора контроля концентрации золота

В настоящее время ведется работа по созданию устройства измерения концентрации цианида в режиме реального времени. Этой разработкой заинтересованы некоторые предприятия золотодобывающей промышленности. Опытные образцы уже были опробованы на промышленных объектах и показали достаточно хорошие результаты.

Так же на кафедре ведется подготовка по повышению квалификации и обучению персонала в области АСУ ТП. В 2017 году на кафедре был открыт региональный учебный центр компании ОВЕН, а в 2019 году он стал авторизованным региональным центром. В настоящее время центр является единственным в восточной Сибири и на дальнем востоке после Екатеринбурга. Основные читаемые курсы – программирование ПЛК1xx базовый и продвинутые курсы.

Кафедра обладает линейкой учебно-исследовательских стендов самостоятельно разработанных на базе оборудования ОВЕН, позволяющих на практике освоить такие дисциплины как «Программирование промышленных контроллеров», «Автоматизация технологических процессов», «Интегрированные системы проектирования и управления», «Средства автоматизации и управления» и др.

Учебный центр разрабатывает и реализует на договорной основе учебно-исследовательские стенды и тренажеры типовых технологических процессов, которые могут применяться для использования как в учебном процессе вузов, так на занятиях учебных центров предприятий и учреждений. На учебных стендах можно изучать общие принципы работы ПЛК и их программирования, конфигурирования операторных панелей, модулей удаленного сбора данных и управления, преобразователей частоты, а также совместной работы всех этих устройств в сети. Учебные стенды могут быть дополнены разработанными НОЦ «Автоматика» так называемых «Программно-техническими комплексами (ПТК) моделирования объектов управления». Эти ПТК создаются на базе математических моделей имитируемых процессов. Совокупное применение ПТК и учебных стендов делают подготовку наиболее комплексной и приближенной к реальным задачам. Стенды могут быть разработаны на базе аппаратных и программных средств различных производителей по согласованию с Заказчиком.

Наша кафедра и научно-образовательный центр «Автоматика» приглашают к сотрудничеству коллег с других ВУЗов и учебных центров.

УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ СХЕМОТЕХНИКИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO UNO

Саламатин А.С., Ляховец М.В., Мерц М.В., Монастырева К.И., Шевченко Е.Е.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

Высококвалифицированные авторы в ИТ-отрасли должны иметь компетенции не только в области информатизации и программирования, но и понимать схемотехнику, принципы работы электронных устройств. При этом изучение должно быть комплексным и объединенным с программированием. Исходя из названных требований, спроектирован учебный стенд на базе платформы Arduino UNO для изучения основ схемотехники и архитектуры вычислительных систем обучающимися, у которых данные дисциплины не являются профильными. Это обучающиеся следующих направлений подготовки:

- 1) 01.03.02 «Прикладная математика и информатика»;
- 2) 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»;
- 3) 09.03.02 «Информационные системы и технологии»;
- 4) 09.03.03 «Прикладная информатика».

Выбор данной платформы обусловлен тем, что она имеет богатый функционал, проста в использовании, имеет «низкий порог входа». В платах Arduino Uno используются микроконтроллеры ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи [1].

Для программирования Ардуино используется программная среда Arduino IDE, базирующаяся на низкоуровневом языке программирования Wiring, который похож на C/C++ с некоторыми особенностями. Проектирование электрических схем осуществляется в бесплатной программной среде *Arduino Fritzing* (<https://fritzing.org/>), которая позволяет разработать принципиальную электрическую схему конкретного устройства в виде соединения макетов элементов и печатную плату для ее дальнейшего изготовления. Пример схемы подключения кнопки и светодиода, выполненный в *Arduino Fritzing* представлен на рисунке 1. На рисунке 2 представлена физическая реализация такой схемы [2].

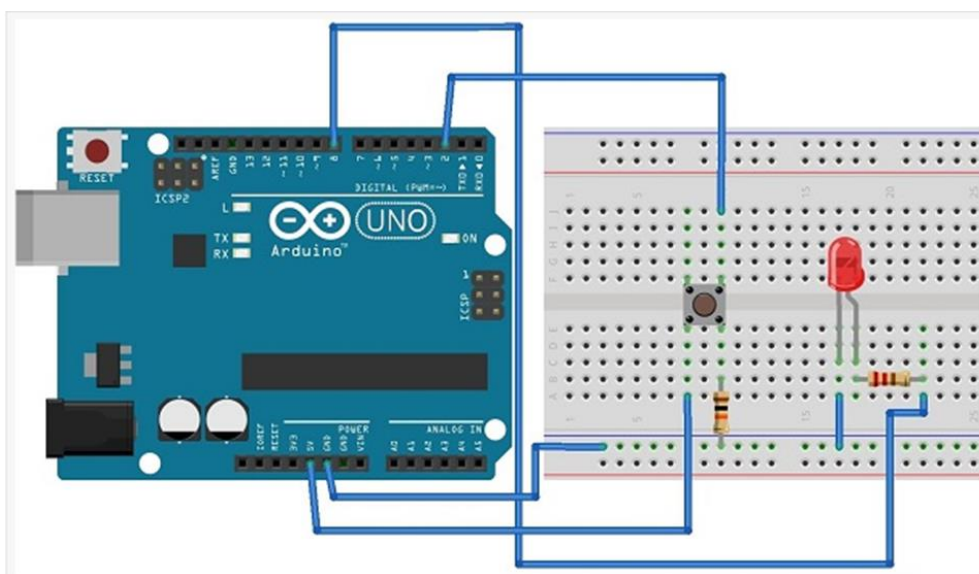


Рисунок 1 – Схема подключения кнопки и светодиода на Arduino

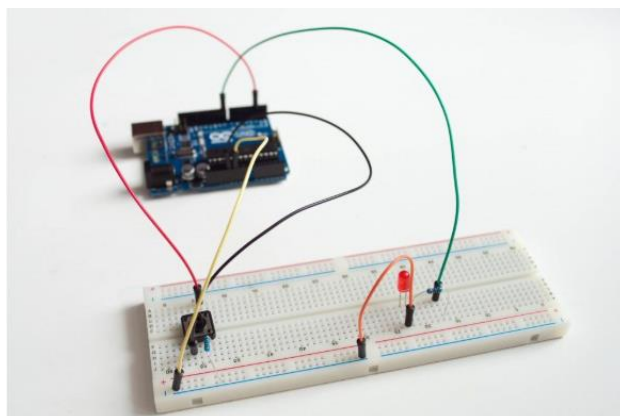


Рисунок 2 - Готовая модель с кнопкой и светодиодом на Arduino

В состав стенда входят

- 1) набор монтажный плат;
- 2) набор датчиков (ультразвуковые датчики приближения, датчики температуры и влажности, датчик Холла, герконовые датчики, датчики пламени, датчики наклона и т.д.)
- 3) набор сервоприводов и шаговых двигателей;
- 4) ЖК-дисплеи;
- 5) семисегментные индикаторы, матрицы;
- 6) светодиоды, кнопки, джойстики;
- 7) фоторезисторы;
- 8) дистанционные пульты управления;
- 9) модули радиочастотной идентификации;
- 10) реле;
- 11) монтажные провода и т.д.

Так как Arduino – открытая платформа, то расширения функциональных возможностей в стенд добавлены датчики промышленного исполнения (например, датчики приближения фирмы Omron), электромеханические и твердотельные реле.

Данный инструментарий позволяет студентам на практике осваивать основы электроники и схемотехники выполняя следующие практические и лабораторные работы:

- 1) Работа со светодиодами и кнопками;
- 2) Изучение широтно-импульсной модуляции;
- 3) Применение жидкокристаллических дисплеев;
- 4) Эхолокация;
- 5) Работа с сервоприводами, сборка манипуляторов;
- 6) Изучение физической природы и применение с датчиков различного вида.

Выполнив названные работы на стенде позволит получить разносторонние знания и навыки, обучающиеся смогут проектировать и реализовывать свои проекты на базе данного стенда.

Изучив работу данного стенда, обучающиеся будут иметь представления о работе микроконтроллеров, что облегчит им в дальнейшем знакомство с промышленными логическими контроллерами, их устройством и языками программирования.

Физическая реализация электрических схем позволит приобрести обучающимся навыки пуско-наладочных и шеф-монтажных работ. Они научатся чертить и читать электрические схемы, работать с паяльным оборудованием; изучат основы электробезопасности, ГОСТы и ПУЭ.

Библиографический список

1. Arduino.ru [электронный ресурс]. -Web-сайт <http://arduino.ru> - Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
2. Блум Д. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: Пер. с англ. - СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 336с.: ил.

СЕКЦИЯ 4
СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
НАЗНАЧЕНИЯ

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В ПЛОСКОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВХОДНЫХ РЕСУРСОВ

Гаврилова А.А., Сагитова Л.А., Салов А.Г.

Самарский государственный технический университет, г. Новокузнецк, Россия

Энергетическая система Самарской области является сложной развивающейся системой. Поскольку энергетика оказывает значительное влияние на все виды промышленных производств и в связи со структурными изменениями в экономике страны в последние десятилетия, актуальным является анализ деятельности энергосистемы.

Проведем анализ деятельности энергосистемы Самарской области, используя методы статистического анализа, математического моделирования и построения траекторий производственно-технологических параметров в плоскости параметров входных ресурсов, на основе реальных статистических данных за период с 1976 по 2017 гг. [1,2].

На рисунке 1 приведены относительные значения производства электрической энергии за период с 1976 по 2017 гг. Относительные значения производства энергии определялись как отношения производства энергии в текущем году Y_e к производству энергии в начальный год рассматриваемого периода Y_{e0} по формуле 1.

$$Y_{e_{от.}} = \frac{Y_e}{Y_{e0}} \quad (1)$$

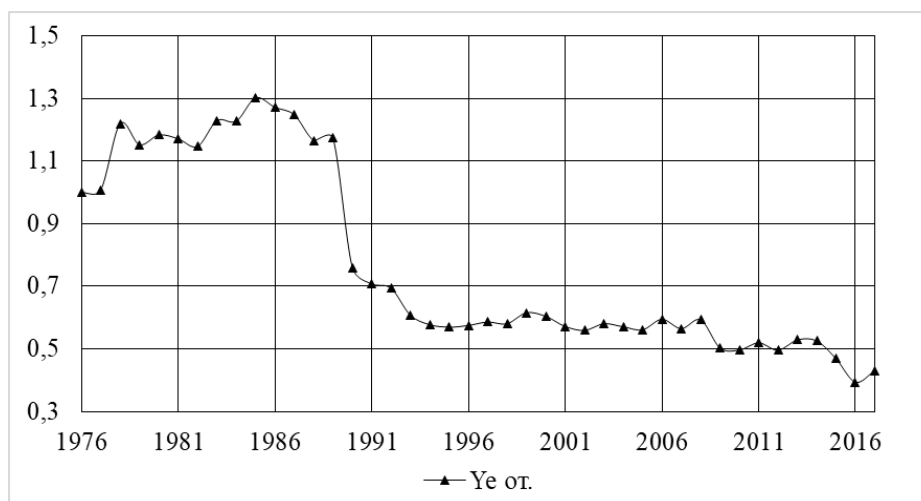


Рисунок 1 – Относительное производство электрической энергии за период с 1976 по 2017 гг.

Период с 1976 по 1989 гг. характеризуется ростом отпуска энергии. Максимальных значений отпуск электрической энергии достигает в 1985-1986 гг. – 127÷130 %.

Начиная с 1990 г. наблюдается значительное снижение производства энергии. За период с 1989 по 1996 гг. произошло снижение выпуска электрической энергии на 51%. Это связано со структурными изменениями в экономике страны, связанными с сокращением количества потребителей электрической энергии [3].

Период с 1996 по 2008 гг. характеризуется стабилизацией отпускаемой электроэнергии на уровне 57-60% от начального значения в 1976 г.

С 2008 по 2017 гг. происходит постепенный спад выпуска электрической энергии в 1,37 раза. В итоге выпуск электроэнергии в 2017 г. соответствует уровню 43% от 1976 года.

В целом, с 1990 по 2017 гг. происходит постоянный спад производства энергии, причем не наблюдается тенденций по восстановлению энергопроизводства. Такое снижение свя-

зано с сокращением промышленных потребителей энергии в период перестройки. Поскольку большую часть энергопредприятий Самарской области составляют ТЭЦ, на которых производится совместный отпуск тепловой энергии, то сокращение промышленных потребителей энергии привело к изменению соотношения между производством тепловой и электрической энергии. Это привело к тому, что в большая часть оборудования энергопредприятий работает в нерасчетных режимах с пониженными показателями эффективности.

Таким образом, исследуемый период целесообразно разделить на два интервала: с 1976 по 1989 гг. и с 1990 по 2017 гг. и проводить моделирование производства электроэнергии отдельно для каждого периода.

Модельный анализ функционирования энергосистемы Самарской области будем проводить с учетом влияния основных ресурсов – капитальных $K(t)$ и трудовых $L(t)$, на производство продукции в виде электрической энергии $y(t)$. Построение математической модели будем производить в виде неоднородной двухфакторной производственной функции (ПФ) типа Кобба-Дугласа [4]:

$$Y(t) = A \cdot K(t)^\alpha \cdot L(t)^\beta \quad (2)$$

где A – масштабный коэффициент,

α и β – коэффициенты эластичности выпуска по фондам и труду, которые являются логарифмическими функциями чувствительности (формулы 3 и 4).

Эластичности α и β показывают на сколько процентов увеличится производство электрической энергии при увеличении на 1 % затрат капитальных и трудовых ресурсов, соответственно [5].

$$\alpha = \frac{K}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial K} = \frac{\partial(\ln Y)}{\partial(\ln K)} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{L}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial L} = \frac{\partial(\ln Y)}{\partial(\ln L)} \quad (4)$$

Результаты идентификации модели (2) приведены в таблице 1. Значения коэффициентов α , β и A , определены методом наименьших квадратов по фактическим данным функционирования энергосистемы.

Таблица 1 – Результаты моделирования

Параметры и показатели моделей	1976-1989 гг	1990-2017 гг
A	1,37	39854,24
α	0,28	-0,30
β	0,82	0,20
R^2	0,66	0,63
σ	0,05	0,09
F	10,59	21,24
DW	1,89	0,65

На рисунке 2 приведено сравнение расчетных модельных значений производства энергии с реальными данными за период 1976-2017 гг.

Анализ качества моделей показывает, что значения коэффициента детерминации R^2 , характеризующего взаимную корреляцию фактических данных и результатов расчетов равны 0,63-0,66, что является удовлетворительным. Значения F-критерия Фишера соответствуют табличным, что свидетельствует о значимости решений. Величины среднеквадратической ошибки σ , характеризующей погрешность расчетов, не превышают 9 %. Согласно критерию Дарбина-Уотсона модель периода 1976 – 1989 гг. обладает хорошими прогнозными свой-

ствами, а модель 1990 – 2017 гг. – неудовлетворительными свойствами. Таким образом, данная модель производственной функции подходит для выявления общих тенденций в производстве электрической энергии, но ее нельзя использовать для точных прогнозов выпуска продукции.

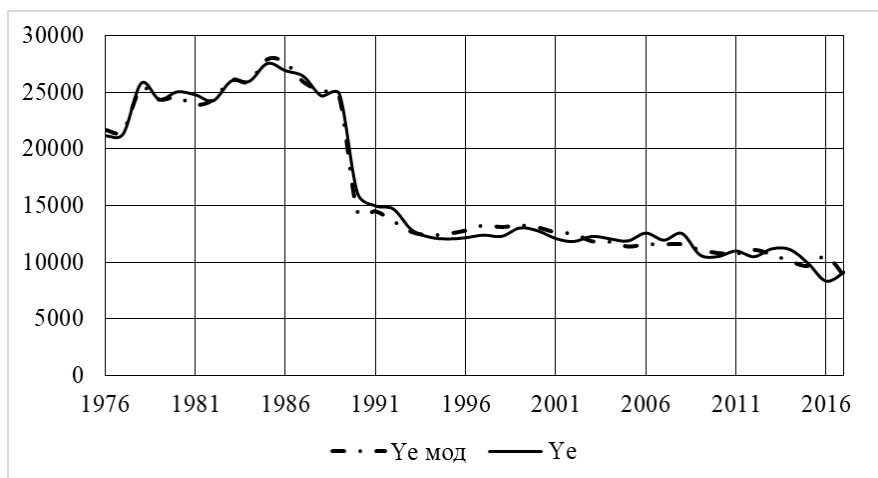


Рисунок 2 – Энергосистема 1990-2017 гг. Y_e – отпуск суммарной энергии, млн кВт/ч; $Y_e \text{ мод}$ – модельные значения отпуска суммарной энергии, млн кВт/ч.

На интервале 1976-1989 гг. эластичность выпуска для производства электроэнергии по капиталу α составляет 0,28, по труду – 0,82. Эти показатели характеризуют, в целом, эффективную работу энергосистемы [6].

Значение эластичности по фондам на интервале 1990-2017 гг. является отрицательным $\alpha = -0,30$. Это означает, что в энергосистеме в этот период существует избыток капитальных ресурсов. Наибольший вклад в производство энергии на этом временном интервале оказывают трудовые ресурсы $\beta = 0,20$.

В целом, полученные модели достаточно удовлетворительно описывают функционирование энергосистемы для анализируемого периода и их качество соответствует целям исследования.

Исследуем поведение производственно-технологических процессов в плоскости параметров капитальных K и трудовых L ресурсов.

Для этого построим предельные траектории поведения процессов – изокванты и изоклинали. На изокванте выпуск продукции постоянен при различных значениях входных параметров K и L : $Y(K, L) = const$. Изоклиналию называется линия наибольшего роста производственной функции, то есть линия, на которой предельные нормы замещения производственных ресурсов постоянны $\frac{\partial Y / \partial K}{\partial Y / \partial L} = const$. Направление изоклинали при $\frac{\partial Y}{\partial K} > 0$ соответствует

максимальному приросту выпускаемой продукции, а противоположное – наибольшему спаду производства.

Уравнение изокванты для неоднородной ПФ Кобба-Дугласа будет иметь следующий вид:

$$K = K_0 \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right)^{\frac{\alpha}{\beta}}, \quad (5)$$

где α и β – коэффициенты эластичности, характеризующие эффективность использования соответствующих ресурсов в технологических процессах,

K_0 и L_0 - начальные координаты точки, через которую проходит изокванта.

Уравнение изоклинали будет иметь вид:

$$K = \sqrt{\frac{\alpha}{\beta} \cdot (L^2 - L_0^2) + K_0^2} \quad (6)$$

На рисунке 3 отображена траектория реального протекания процесса выпуска электрической энергии, соответствующая статистическим данным, в координатах K и L и графики изоквант и изоклиналей для периода времени с 1990 по 2017 гг.

В течение всего анализируемого периода наблюдается практически монотонное снижение производства электрической энергии с небольшими отклонениями. За период с 1990 по 2017 гг. выпуск электрической энергии снизился на 43,3%.

В поведении графика, отражающего реальное состояние производства электрической энергии, можно выделить несколько периодов.

С 1990 по 1991 гг. происходит отклонение движения траектории реальных производственных процессов от изоклинали, что можно объяснить резким снижением производства электрической энергии в этот период.

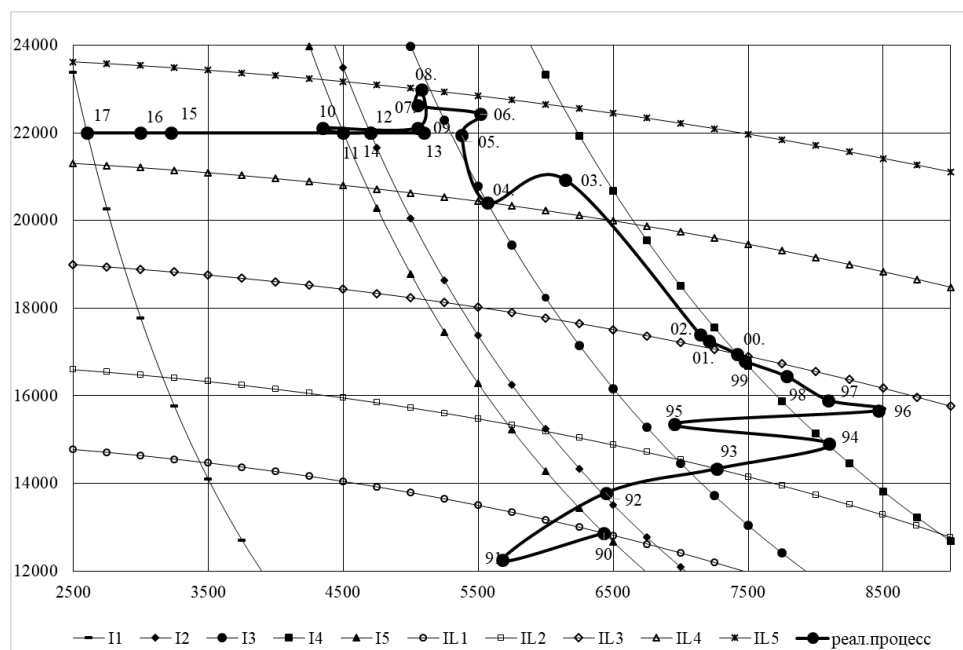


Рисунок 3 - Динамика выпуска электрической энергии в пространстве входных ресурсов за период с 1990 по 2017 гг.

В период с 1991 по 1994 гг. линия реальных зависимостей ресурсов отклоняется от изоклинали влево, что свидетельствует о переизбытке основных фондов.

С 1994 по 1995 гг. данная линия движется по изоклинали в обратную сторону, что говорит о неэффективной стратегии выпуска электроэнергии. К этому привело резкое снижение трудовых ресурсов.

С 1995 по 1996 гг. происходит увеличение трудовых ресурсов, линия реальной зависимости ресурсов движется практически параллельно изоклинали в сторону максимального прироста выпуска электрической энергии.

Период с 1996 по 2001 гг. является неэффективным, что связано со снижением вклада трудовых ресурсов в производство. Линия, отображающая зависимость $K=K(L)$ практически совпадает с изоклиной и движется в обратную сторону.

С 2001 по 2003 гг. происходит замещение трудовых ресурсов капитальными при неизменном производстве электроэнергии, линия реальных производственных процессов практически совпадает с изоквантой.

Этап с 2003 по 2009 гг. характеризуется нестабильным поведением реальных технологических процессов. Происходит изменение вкладов трудовых и капитальных ресурсов, что приводит к потере устойчивости в технологическом процессе производства.

В период с 2010 по 2013 происходит установление эффективного соотношения между ресурсами за счет увеличения трудовых ресурсов. Линия реальных производственных процессов параллельна изоклинали.

Начиная с 2013 года процесс выпуска продукции становится неэффективным. Траектория реальной зависимости $K=K(L)$ энергосистемы становится параллельной изоклинали, но движется влево. Это является следствием постепенного уменьшения вклада трудовых ресурсов при постоянных значениях капитальных ресурсов.

В целом, для линии производственных процессов выпуска электрической энергии можно выделить несколько общих периодов. С 1990 по 1996 гг. происходит разбалансировка соотношений между капитальными и трудовыми ресурсами, причиной которой стал переход от плановой экономики к рыночной в этот период. Последующие годы также характеризуются нарушением сбалансированного соотношения между входными параметрами, а именно избытком основных фондов при нерациональном уменьшении трудовых ресурсов. За весь рассматриваемый период не наблюдается этапов эффективного производства энергии

Выводы

1. С 1990 по 2017 гг. происходит постоянное снижение производства электрической энергии, вызванный снижением количества потребителей энергии.

2. Модели в виде двухфакторных неоднородных производственных функции типа Кобба-Дугласа удовлетворительно описывают функционирование энергосистемы в анализируемый период. Анализ эластичностей трудовых и капитальных ресурсов показал, что в период с 1990 по 2017 гг. капитальные ресурсы используются неэффективно и в энергосистеме имеется избыток фондов, к которому привело снижение потребления электрической энергии в этот период.

3. Анализ траектории выпуска электрической энергии и графиков изоквант и изоклиналей в пространстве капитальных и трудовых ресурсов подтвердил результаты модельного анализа о снижении эффективности использования основных ресурсов и избытке капитала в период с 1990 по 2017 гг.

Библиографический список

1. Социально-экономическое положение Самарской области (1990 – 2001 гг.). / Самарский областной комитет государственной статистики. – Самара, 1991 –2002.

2. Салов А.Г. Гаврилова А.А., Иванова Д.В. Исследование характеристик регионального промышленного комплекса методами статистического и модельного анализа./ Научное обозрение, №15, 2015, с.327-332

3. Дилигенский Н.В., Салов А.Г., Алфеев А.А., Гаврилова А.А., Цапенко М.В. Анализ эффективности деятельности энергетических предприятий в период перехода к рыночным отношениям. // Перспективные проекты и технологии в энергетике. Сб. мат-лов межрегион. науч.-практ. конф. / Волжский, 2005, с. 134-138

4. Дилигенский Н.В., Гаврилова А.А. Цапенко М.В. Построение и идентификация математических моделей производственных систем. Учебное пособие. Самара: Офорт, 2005. – 126 с.

5. Салов А.Г., Гаврилова А.А. Системный анализ и моделирование деятельности энергетических генерирующих предприятий с целью оценки эффективности их функционирования в условия становления рыночных отношений. / Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2008. - №1(30) с.86-91.

6. Салов А.Г., Гаврилова А.А., Сагитова Л.А. Системный анализ эффективности управления региональной энергетической системой в условиях преобразований // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Тр. XXI Международной конференции (3-6 сентября 2019 г. Самара, Россия): в 2-х т. / Под ред.: С.А. Никитова, Д.Е. Быкова, С.Ю. Боровика, Ю.Э. Плешивцевой. – Самара: ООО «Офорт», 2019. – с.392-397.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ "АЛГОЗИТ"

Каледин В.О., Паульзен А.Е., Ульянов А.Д.

*Новокузнецкий институт-филиал Кемеровского
государственного университета, г. Новокузнецк, Россия*

Рассматривается функционально-объектная схема среды визуального программирования "Алгозит" для графического представления результатов. При создании сети используется интерпретируемый язык с графическими операторами. Благодаря его использованию полученный алгоритм проще поддерживать и адаптировать.

Среда визуального программирования "Алгозит" [1, 2] позволяет конструировать как вычислительные алгоритмы, так алгоритмы общего назначения. Функциональное наполнение элементов функционально-объектной сети (ФОС) - алгомагов - программируется в виде методов классов на языке C++, размещаемых в библиотеке фабрики объектов. Для ускорения процесса разработки и большей наглядности исполнения выполняемых алгоритмов в среду "Алгозит" был интегрирован интерпретируемый язык "Ядро" [2]. Это позволяет вносить изменения в функциональное наполнение алгомагов, не прибегая к изменению скомпилированного программного кода на C++, что позволяет значительно снизить затраты рабочего времени разработчика.

В процессе исследования материальных объектов методом конечных элементов [3] возникает задача визуализации полученных результатов. Вследствие большого разнообразия модификаций математического метода и гипотез, которые лежат в их основе, получаемые табличные данные результатов могут иметь существенные различия в части имен столбцов и их смысла. Поэтому для визуализации результатов расчётов часто приходится искать индивидуальное решение. Чтобы ускорить процесс подбора необходимого варианта визуализации, была разработана ФОС для построения изображений с использованием языка "Ядро".

Разработанная сеть претендует на универсальность за счет разработанных общих алгоритмов рисования и доступности редактирования и добавления частей сети для подготовки порций графических данных различных типов конечных элементов. Алгоритмы реализованы с использованием языка "Ядро" и его графических средств в обработчиках алгомагов, поэтому они доступны для редактирования в режиме выполнения среды "Алгозит".

Для реализации поддержки языка "Ядро" в настройках алгомагов была добавлена возможность замещать существующие обработчики скриптами с предопределенными переменными. Пример окна настройки скриптов представлен на рисунке 1. Каждому пункту таблицы в данном окне соответствует обработчик алгомата. Предопределенные переменные в скриптах и их типы определяются согласно выбранному функциональному классу.

Алгоритм накопления данных для рисования был реализован в среде "Алгозит". Верхний уровень ФОС представлен на рисунке 2. Результаты расчета в табличном виде считываются панелями сети, обрабатываются и накапливаются в памяти алгомагов "Напряжения", "Перемещения", "Связь контуров" и "Форма". Названия панелей соответствуют их содержанию. На рисунке 2 названия сокращены. Они служат исходными данными для построения изображения средствами языка "Ядро". Непосредственное построение изображения в виде точек и линий в трехмерном пространстве осуществляется следующими командами языка: AddContour, AddNode, ClearImage, CompleteImage, SetValueOnTitle.

Перед началом рисования рекомендуется сбросить неактуальную графическую информацию командой ClearImage. Для создания активной последовательности точек (контура) выполняется команда AddContour. Её результатом является номер контура. После того как создан активный контур, он может быть пополнен точками (AddNode). При выполнении команды CompleteImage контуры рисуются по очереди со всеми их точками с заданным цветом и стилем рисования. Для добавления именованных данных точек используется команда Set-

ValueOnTitle. Именованные данные используются при построении цветовых полей по выбранной компоненте выходных данных расчетов. Скрипт, осуществляющий графическое построение реализован в обработчике "СкриптВместоРисования" объекта "Исх. форма + напр." и выполняется при вызове команды построения во время выполнения алгоритма в модуле "отладчик". Пример графического построения приведен на рисунке 3.

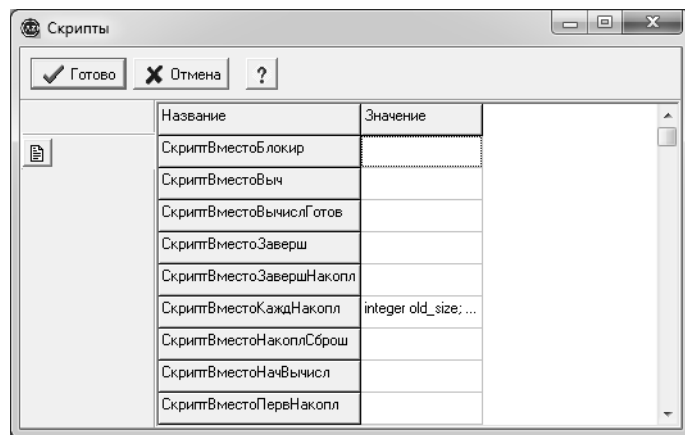


Рисунок 1 - Окно настройки скриптов алгоритма

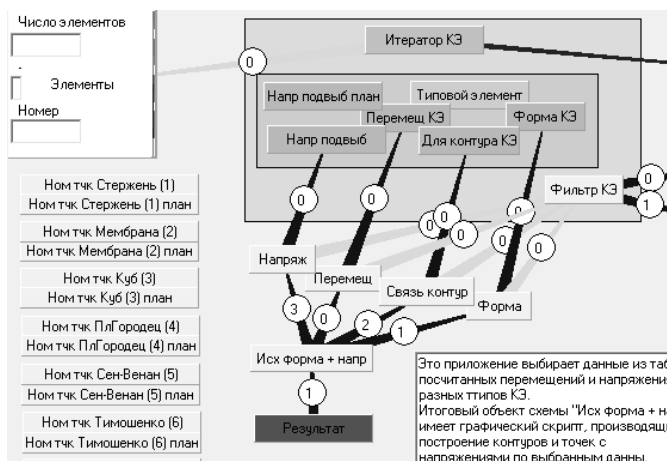


Рисунок 2 - ФОС верхнего уровня для накопления данных и рисования

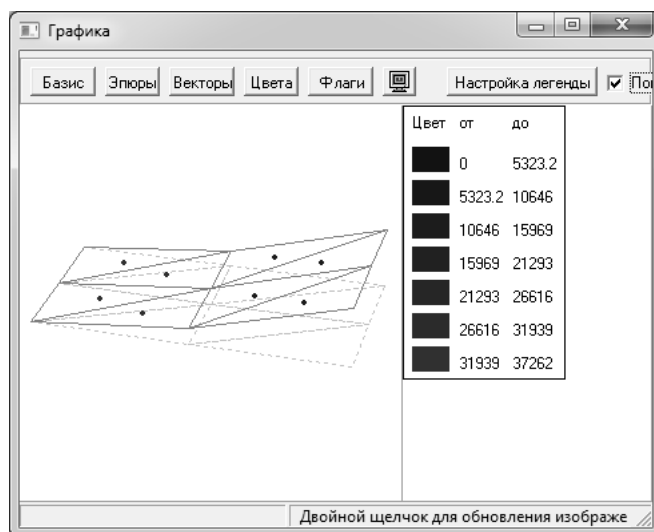


Рисунок 3 - Пример графического построения модели пластины с напряжениями и перемещениями в масштабе

На рисунке 3 иллюстрируется результат построения деформированной формы с масштабированием линейных компонент перемещений исследуемого объекта. Кроме того, известные данные точек могут быть представлены в виде цветowych полей с легендой. Отмечу, что построенная схема взаимодействует с данными в виде готовых таблиц. Но определенное способа рисования и выборки точек из порции данных осуществляется для каждого вида данных отдельно, согласно типу конечного элемента.

Таким образом, полученная ФОС позволяет осуществить визуализацию результатов расчета автоматически для многих типов данных. Если тип данных не поддерживается ФОС, то пользователь имеет возможность включить его поддержку добавив небольшое число типовых алгомагов с функциональным наполнением на языке "Ядро" на страницу т типа конечного элемента.

Библиографический список

1. Ульянов, А.Д. «Композит-НК» - комплекс программ для автоматизации программирования численного решения задач механики конструкций / А.Д. Ульянов, В.О. Каледин, Я.С. Крюкова [и др.] // XVI Междунар. науч.-практ. конф.: сб. ст. [в 3 ч.] / Забайкал. гос. ун-т. – Чита: ЗабГУ. – 2016. – Ч. 2. – С. 141-145.
2. Ульянов, А.Д. «Композит-НК» - гибкая технология программирования технических расчетов / А.Д. Ульянов, В.О. Каледин // Перспективы инновационного развития угольных регионов : сб. ст. / Филиал КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева. – Прокопьевск: КузГТУ. – 2016. –

РОЛЬ КОГНИТИВИСТИКИ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ

Дулесов А.С., Гиманова И.А.

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, Россия

Введение.

Среди огромного разнообразия систем управления можно выделить управление материальным потоком, результатом которого является оптимальное распределение готовой продукции между поставщиками продукции на товарном рынке. При этом речь идет о процессе целенаправленного воздействия на элементы логистической системы, которые, например, заняты продвижением материальных и информационных потоков от производителя к местам конечного потребления [1].

Система управления материальными потоками на производственном предприятии, а также предприятия хранения и распределения имеет свою специфику. Тем не менее присутствуют и общие черты: наличие модели, по существу представляющая в себя замкнутый цикл информационного массива, являющийся базой принятия управленческих решений управления материальными потоками. Модель необходима для выполнения ряда функций, среди которых следует выделить обработку информации, а по существу – анализ статистических данных о результатах управления потоками.

Рассматривая задачи управления материальными потоками на практике приходится иметь дело со схемами распределения, так называемыми торгово-посредническими сетями. Эти схемы связывают производителей, через систему складов, принадлежащих посредникам, с конечными потребителями. Размерность и топология таких сетей зависят от числа агентов сети и связей между ними. Исследуя данные схемы, очевидным становится факт о том, что система управления материальными потоками относится к числу сложных систем. Это объясняется тем, что рассматриваемые и регистрируемые процессы, протекающие в ней, имеют непосредственные и косвенные связи с множеством факторов влияния. Собрать необходимую информацию и исследовать её за короткое время практически невозможно. Поэтому нужно не только иметь требуемый объем данных о поведении системы, но и выстроить мо-

дели описывающие адекватную систему, способную адаптироваться к изменяющимся условиям (запросам) рынка. Такая система должна решать задачи анализа и обработки данных с целью планирования и регулирования материальных потоков в торгово-посреднической сети.

Возможные решения и важность статистических распределений

Что касается возможных решений задачи обработки информации, уместно обратиться к науке, получившей название когнитивистика [2]. Она призвана, в частности, объединить теорию познания и теорию искусственного интеллекта. Решая задачу управления материальными потоками приходится рассматривать структуру торгово-посреднической сети. Её элементы, с позиции когнитивистики, представляют собой фракталы, а вся сеть в нашем сознании представляет собой объективно наблюдаемую фрактальную организацию, то есть фрактальную структуру [3]. Эти фракталы необходимо исследовать математически, и в этом процессе особое предпочтение отдается степенным распределениям.

При обработке статистических данных выявляются степенные распределения, которые могут свидетельствовать о присутствии явной или скрытой фрактальной структуры. Такого рода распределения широко распространены в разных природных и социальных явлениях [4].

Рассматривая результат процесса управления материальными потоками в торгово-посреднической сети, статистические данные о покупке и продаже товара характеризуются ценой и объемом продаж. Отображая эти данные в декартовой системе координат, явно видна разбросанность точек $(p; Q)$ по всему полю, где p и Q – соответственно, цена и объем продаж. Такая разбросанность практически относится к каждому элементу сети (например, посреднику). Кроме этого, эмпирическое содержание данных о состоянии элемента сети свидетельствует о том, что присущие ему показатели не имеют нулевых значений, а события ненулевой длительности. Если отойти от рассмотрения единичных элементов или событий к их совокупностям, то кроме пространственной и временной индивидуальной разбросанности значений параметров появляется и коллективная (общесистемная) разбросанность. Здесь множество параметров распределяются в пространстве, а множество событий – во времени. Кроме этого, выполняя мониторинг состояния сети в целом, для полноты информации приходится иметь дело с некоторыми дополнительными наблюдаемыми и измеримыми параметрами.

Таким образом, поведение сети, как некое коллективное явление, можно характеризовать некоторой совокупностью распределений, которую в научных кругах называют «статистический ландшафт явлений».

Анализ статистического ландшафта востребован не для того, чтобы в разбросах статистических данных извлечь «правильное» значение исследуемого параметра, а выявить распределения [5]. Их форма будет нести информацию о роли механизмов управления и причинах, объясняющих наличие того или иного состояния.

Существует множество распределений, среди которых явно выделяются нормальное (или распределение Гаусса) и экспоненциальное распределения. Эти распределения исторически первыми получили математическое описание и до сих пор находят свое применение. Наличие статистической информации характеризует параметр, величины которого имеют конкретные, обычно ненулевые значения. Тогда можно выдвинуть гипотезу, которая для многих примеров будет подтверждена гипотезой о том, что этот параметр имеет нормальное распределение. Например, данное распределение подтвердит закономерность изменения величины таких параметров как объем продаж и цена на конкурентном рынке (хотя не без наличия смещенных оценок). Аналогично, известно, что некоторый параметр склонен чаще принимать малые значения, нежели большие, то вполне оправдывающейся гипотезой будет предположение о том, что этот параметр отвечает экспоненциальному распределению. Например, сбой в поставках товарной продукции.

Далее рассмотрим более подробно роль нормального распределения в процессе анализа поведения торгово-посреднической сети под управляющим воздействием спроса. Возьмём для примера изменение цены товара на рынке, считая (исходя из статистических данных), что распределение товара по цене близко к нормальному распределению. Однако форма нормального распределения вряд ли будет идеальной, поскольку существуют факторы

(например, инфляционные процессы), важность которых сложно оценить. Попытка дополнительно добра еще больше данных (за счет расширения временного лага) может улучшить опытное распределение, поскольку уменьшатся случайные отклонения и, следовательно, степень совпадения станет яснее. Несмотря на наличие препятствий в подтверждении гипотезы о нормальном распределении, тем не менее, её часто принимают, так как механизм развития нормального распределения выглядит просто и интуитивно понятен.

Рассматривая структуру торгово-посреднической сети, в ней явным образом присутствуют агенты (производители, посредники, конечные потребители), участвующие в покупке, распределении и потреблении товара. Количество приобретаемого и реализуемого товара связано с изменением спроса на рынке. В условиях, когда спрос не имеет резких колебаний (что характерно для конкурентного рынка), распределение объемов продаж скорее всего будет нормальным. Такого рода механизм (алгоритм, способ или модель) является простым, позволяет видеть формирование и развитие нормального распределения. Простота заключается в соблюдении двух условий: рассмотрению подлежат агенты только одной группы (например, посредники); наличие случайного распределения агентов в сети.

Такого рода механизм является универсальным, может быть полезен и в иных случаях, когда статистический ландшафт явлений позволяет продемонстрировать колоколообразные распределения.

Анализируя состояние торгово-посреднической сети, гипотезу о нормальном распределении логично использовать как первую. Однако в развитии нормального распределения (когда данная гипотеза не подтверждается) востребованы более сложные механизмы. Например, имеется предположение о том, что под влиянием управления продажами резко изменится цена на продукцию. Выделим две версии появления такого состояния: 1) посредник имеет на своих складах избыток продукции и старается избавиться от него выставив на продажу; 2) ожидается прибытие африканских племен, которые в массовом порядке скупают избыток продукции. Первая версия более правдоподобна, вторая – маловероятна и ненадежна.

В тех случаях, когда какое-либо явление может быть объяснено двумя разными способами, приводящими к одному и тому же результату, то нет надобности привлекать к рассмотрению версии с избыточными сущностями (термины, факты, факторы и т.д.). такой подход к созданию механизмов получил название «бритва Оккама».

Выбирая самый интуитивно простой вариант (в данном случае первый), нельзя быть до конца уверенным в том, какой именно механизм порождает появление этого события. Если смотреть только на результат или на опытное распределение, нельзя дать однозначный ответ на вопрос «как». Неоднозначность в вопросе «как» требует однозначно ответить на более важный вопрос «почему». Необходимость ответа на этот вопрос связана с развитием степенных распределений в которых важную роль играет показатель степени [6].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и республики Хакасия в рамках научного проекта № 19-41-000001.

Библиографический список

Управление материальными (товарными) потоками в организации. URL: https://studbooks.net/1540901/marketing/upravlenie_materialnymi_tovarnymi_potokami_organizatsii (дата обращения 05.09.19)

2. Когнитивист. URL: <http://www.cognitivist.ru> (дата обращения 09.09.19)

3. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». – 2001. – 528 с.

4. Kohli R., Sah R. Market shares: Some power law results and observations. Working paper 04.01, Harris School of Public Policy, University of Chicago (2003).

5. Mitzenmacher M. A brief history of generative models for power law and lognormal distributions. Internet Mathematics 1, 226–251 (2004). URL: <https://www.eecs.harvard.edu/~michaelm/CS222/powerlaw.pdf> (дата обращения 10.09.19) .

6. Newman M. E. J. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law

Statistical Mechanics (cond-mat.stat-mech); Data Analysis, Statistics and Probability (physics.data-an); Physics and Society (physics.soc-ph). Contemporary Physics 46, 323-351 (2005). URL: <https://arxiv.org/pdf/cond-mat/0412004.pdf> (дата обращения 10.09.19) «Интерпретатор «Ядро»» // Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 2 марта 2017 г., № 2017612706.

7. Бате, К.-Ю. Методы конечных элементов / К.-Ю Бате; Пер. с англ. В.П. Шидловского под ред. Л.И. Турчака. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 1024 с.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ УРБАНИЗИРОВАННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Жилина Н.М., Чеченин Г.И.

*Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей,
г. Новокузнецк, Россия*

Муниципальное здравоохранение – сложная, многофункциональная, динамическая, мало формализованная система, которая нуждается в научных подходах к организации и управлению, созданию и развитию адекватного информационного обеспечения для удовлетворения потребности населения в качественной и своевременной медицинской помощи. К большому сожалению, бессистемный подход к проводимой централизации в сфере здравоохранения, приводит не только к ресурсной оптимизации, но и к новым проблемам. В Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан РФ» от 21 ноября 2011г. №323, внесены поправки и с 2017 года муниципальное здравоохранение предано на региональный уровень. То есть органы муниципальной власти, отвечая за качество жизни граждан, не отвечают за уровень общественного здоровья.

Здоровье человека – результат комплексного взаимодействия целого ряда факторов: наследственных причин, влияния образа жизни и приоритетов человека, экологических, социальных и медицинских факторов. Анализируя все составляющие здоровья, можно определить зоны риска общественного здоровья всего населения, отдельных контингентов, и даже дать рекомендации конкретному человеку, например, по вопросам репродуктивного здоровья.

Такая уникальная информация аккумулировалась в Новокузнецком медицинском информационно-аналитическом центре (НМИАЦ). На протяжении более сорока лет Центр активно сотрудничал с медицинскими учреждениями, Управлением здравоохранения города, учеными Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей, НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, службой Роспотребнадзора и экологическими организациями города, системой образования г. Новокузнецка и др. [1, 2, 3].

30 декабря 2018 года в рамках очередной «оптимизации» областной системы здравоохранения НМИАЦ фактически был ликвидирован, несмотря на обращения к руководству Департамента охраны здоровья населения области и в средства массовой информации с просьбой сохранить в г. Новокузнецке организацию и уникальную информацию. В медицинских учреждениях города теперь останутся только кемеровские системы и вся первичная информация будет только в областном центре.

В НМИАЦ было разработано и поддерживалось в актуальном состоянии 14 персонализированных баз данных (БД), содержащих информацию о диспансеризации детей и взрослых, поликлинической, госпитальной, профессиональной, эпидемиологической и внутрибольничной заболеваемости, смертности, инвалидизации, рождаемости, перинатальной смертности, диспансеризации беременных, обращаемости в службу скорой помощи, профилактических медицинских осмотрах. БД зарегистрированы в Научно-техническом центре «Информрегистр» Федерального агентства по информационным технологиям. Формирование, поддержка в актуальном состоянии и анализ информации БД осуществлялся в соответствии с требованиями Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных» от

27.07.2006 и Постановления Правительства РФ № 781 «Об утверждении Положения об обеспечении безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных» от 17.11.2007.

Динамические ряды многолетней накопленной информации использовались для формирования муниципальных заказов в системе управления здравоохранения города.

Ежемесячно на основе информации баз данных в НМИАЦ готовилась сигнальная информация по показателям деятельности системы здравоохранения и состояния здоровья населения для передачи главным специалистам Управления здравоохранения и медицинских учреждений.

На различные уровни (врач, учреждение здравоохранения, служба, город) выдавалась распределенная регламентная выходная информация автоматизированных систем, функционирующих на основе БД НМИАЦ.

На ежегодных циклах кафедры медицинской кибернетики и информатики Новокузнецкого института усовершенствования врачей (НГИУВа) слушателям-медицинским работникам предоставлялась информация о том, что за БД существуют в городе, какие данные они содержат, чем это может помочь в научно-практической деятельности врача; какие факторы риска влияют на здоровье населения нашего города.

Специалистами-аналитиками НМИАЦ постоянно проводился динамический статистический анализ информации баз данных с использованием корреляционного, факторного, кластерного, регрессионного и др. методов. Кроме этого результаты анализа БД обобщались в научных публикациях сотрудников в журналах, материалах научно-практических конференций.

В центре ежегодно проходили производственные практики студенты ВУЗов г. Новокузнецка. На дипломные практики приезжали студенты и других городов сибирского региона. В рамках выполнения дипломных проектов на базе НМИАЦ были подготовлены интересные научные публикации о состоянии здоровья населения: госпитальной и внутрибольничной инфекционной заболеваемости, рождаемости, производственной заболеваемости и травматизме, диспансеризации, применении различных методов прогнозирования. Студенты получали опыт практической работы и выступлений на специализированных конференциях. Одновременно с этим происходил и «рост кадров»: отбор наиболее талантливых, подготовленных, ответственных и заинтересованных практикантов для их дальнейшей работы в НМИАЦ уже в качестве штатных сотрудников.

Информация БД использовалась в подготовке ежемесячных данных для Президентского мониторинга (городского и областного уровней).

НМИАЦ по необходимости и в рамках соблюдения законодательства РФ предоставлял различную запросную информацию из баз данных медицинским работникам, например для разработки программ реабилитации инвалидов, сотрудникам правоохранительных органов по поиску граждан, руководству органов здравоохранения для разработки различных целевых Программ, получения наиболее полной информации о конкретных пациентах, например, при работе с жалобами. Для медицинских специалистов важна также возможность выхода по информации баз данных на наиболее распространенные нозологии и ведущие классы заболеваний за различные временные периоды.

Наличие достоверной, всесторонней информации позволяло проводить комплексный динамический анализ состояния здоровья, выходить на причинно-следственные связи в системе «Здоровье-Среда обитания». Подробные результаты функционирования автоматизированной информационной системы социально-гигиенического мониторинга, которые на протяжении более чем 10 лет регулярно отражались в аналитическом издании «Среда обитания – Здоровье населения» [3]. Сборники востребованы медицинскими работниками, специалистами-экологами, эпидемиологами, студентами городских ВУЗов, а также предоставлялись в Департамент охраны здоровья населения Кемеровской области, Городскую Администрацию, руководителям крупных промышленных предприятий и научных учреждений. По выявленным в результате анализа основным зонам риска системы «Среда обитания - Здоровье» принимались адекватные оперативные управленческие решения.

Сотрудники Центра уделяли много внимания повышению достоверности БД, хранению ретроспективной и текущей информации, поддержке ее в актуальном состоянии, совершенствованию анализа данных.

Центр выстоял «лихие 90-е», перевел основные системы на современные платформы, впервые в нашей стране разработал новые межведомственные системы поддержки принятия решений. В то время делегация американского г. Питтсбурга (города-побратима Новокузнецка) восхищалась нашими базами данных, просила передать их для проведения многоцентровых медицинских исследований и анализа. Передавать базы в США по запрету городского руководства не стали, поскольку они содержали много персонифицированных данных. Но и для нашего города двадцать лет спустя не удалось сохранить эту ценнейшую информацию и уникальные информационные системы. Что имеем, не храним...

В настоящее время аналитическая функция по оценке общественного здоровья частично перешла к сотрудникам кафедры медицинской кибернетики и информатики НГИУВа. В качестве входной информации для анализа состояния здоровья используются базы данных Росстата, ретроспективная и текущая информация о здоровье населения г. Новокузнецка, информация экологических сборников, городских областных и федеральных Государственных докладов Роспотребнадзора. На этих данных продолжается выявление рисков общественного здоровья от состояния окружающей среды, анализ демографических показателей и инвалидизации населения [4, 7-9]. По потребности проводятся индивидуальные консультации врачам, научным медицинским работникам и аспирантам по анализу информации их собственных исследований. Проводятся циклы последиplomного обучения по методам обработки информации, статистическому анализу данных и математическому моделированию в современном компьютерном инструментарии для медицинских специалистов, организуются конференции и семинары по оценке состояния общественного здоровья [6]. На кафедре проходят производственную практику студенты технических и медицинских ВУЗов сибирского региона. Сотрудники кафедры принимают участие в методических и аналитических работах по созданию и развитию территориальных Программ по охране здоровья и окружающей среды и выполнению Государственных заданий в системе здравоохранения, активно ведется научная работа. В г. Новокузнецке остались информационно-аналитические центры в ведущих медицинских учреждениях.

В Российском здравоохранении в настоящее время активно развивается направление систем поддержки принятия решений, чем мы успешно начали заниматься уже в 80-х и 90-х годах прошлого века, функционируют мониторинги здоровья населения и различных контингентов риска. То есть дело живет и развивается [5, 10].

И все же надеемся, что наш город вернет себе лидирующее положение в информатизации системы охраны здоровья муниципального уровня, которое он по праву держал на протяжении целого ряда десятилетий.

Информация БД инвалидизации, смертности, заболеваемости, рождаемости, диспансеризации населения в целом или отдельных категорий (возрастных, социальных и т.д.) необходима как специалистам практического здравоохранения, так и медицинским научным работникам в целях:

- повышения эффективности и качества лечебно-диагностического процесса;
- выявления причин заболеваемости по наиболее значимым классам и нозологиям;
- проведения доказательства эффективности методов лечения;
- выявления определенных закономерностей при различных популяционных исследованиях, например в динамике здоровья работающего и детского населения, а также репродуктивного здоровья, как крайне важных аспектов анализа здоровья нашего урбанизированного промышленного региона.

По результатам наших исследований можно сделать вывод о наличии закономерных связей между *состоянием здоровья населения, экологической ситуацией, качеством жизни, а среди работающих – с условиями труда и некоторыми показателями деятельности здравоохранения*. То есть, необходимы комплексные меры на уровне *городского, региональ-*

ного и государственного управления по улучшению существующей ситуации на принципах системного подхода.

В городском округе Новокузнецк накоплен положительный опыт системного подхода к оценке состояния общественного здоровья и разработке на этой основе комплексных планов социально-экономического развития города, региона.

Получение и анализ полной информации о состоянии здоровья граждан и среде обитания, в том числе, об экологической обстановке позволяют выявить и ранжировать все проблемы и формировать адекватные решения. Но для этого нужна не частичная и разрозненная, а достоверная и полная информация о состоянии здоровья граждан, о качестве жизни, экологической ситуации, а также применение современных математических методов, в том числе моделирования.

Библиографический список

1. Автоматизированная экспертная система "Оценка, контроль и обеспечения качества медицинской помощи" (АЭС "КМП") / Г.И. Чеченин, Н.М. Жилина, Т.В. Сапрыкина и др. // Инф. карта Гос. регистрации разработки в ОФАП № 3526, 12 мая 2004. Дата выдачи 26 мая 2004.
2. Социально-гигиенический мониторинг / Г.И. Чеченин, Н.М. Жилина, Т.В. Сапрыкина и др. // Информационная карта Государственной регистрации системы в Отраслевом фонде алгоритмов и программ РФ (ОФАП). №3079, 22 декабря 2003. Дата выдачи 13 января 2004.
3. Среда обитания, состояние здоровья населения г. Новокузнецка в 2012-2013 гг. : коллективная монография / под ред. заслуженного деятеля науки РФ, д-ра мед. наук, профессора Г.И. Чеченина. – Новокузнецк: ГБОУ ДПО «НГИУВ», 2015. – 187 с. ISBN 978-5-91797-188-9.
4. Жилина Н.М. Здоровье трудящегося населения г. Новокузнецк за период 2008-2014 гг. / Н.М. Жилина // Политравма. - 2015. - № 3. – С. 6-15. ISBN 1819-1495.
5. Дубровин А.А. Развитие информатизации в муниципальном здравоохранении (на примере г. Абакана) / А.А. Дубровин, Н.М. Жилина // Образовательные ресурсы и технологии. - 2016. - № 2. – С.157-160.
6. Состояние здоровья населения, проблемы и перспективы, 2016 : сборник материалов Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры медицинской кибернетики и информатики НГИУВа и 40-летию КМИАЦ г. Новокузнецк / ГБОУ ДПО «НГИУВ» МЗ РФ; под общей редакцией д.м.н. профессора Г.И. Чеченина, д.т.н. Н.М. Жилиной. - Новокузнецк, Изд. центр НГИУВа, 2016. – 235с.
7. Власенко А.Е. Интегральный индекс наличия проблемы в оценке состояния здоровья / А.Е. Власенко, Н.М. Жилина, А.А. Кожевников, Г.И. Чеченин // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – №6(303) – С.12-14. Жилина Н.М. Изучение показателей общественного здоровья крупного промышленного центра Сибири с использованием информационных технологий и современных методов анализа / Н.М. Жилина, А.Е. Власенко, Г.И. Чеченин // М.: Здравоохранение Российской Федерации. 2017. - № 4. Том 61 – С.172-178.
8. Шарова З.П. История педиатрии и родовспоможения г. Новокузнецка / З.П. Шарова, Г.И. Чеченин. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. -237 с. ISBN 978-5-7692-1550-6.
9. Жилина Н.М. Основные причины инвалидности и смертности населения в 2012-2016 годах на примере Новокузнецка / Н.М. Жилина // М.: Информационно-аналитический вестник «Социальные аспекты здоровья населения» №2, 2018 (60) <http://vestnik.mednet.ru/content/view/968/30/lang,ru/> Дата обращения 21.05.2018 DOI: 10.21045/2071-5021-2018-60-2-7.
10. Чеченин Г.И. Создание электронного здравоохранения с системных позиций/ Г.И. Чеченин, Н.М. Жилина, О.Н. Якушева // Врач и информационные технологии. - 2018. - № 3. – С.18-28.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЗАВИСИМЫМИ ВХОДНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ МЕТОДАМИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Михов Е.Д.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Наиболее общая схема исследуемого дискретно-непрерывного процесса может быть представлена на рисунке 1.

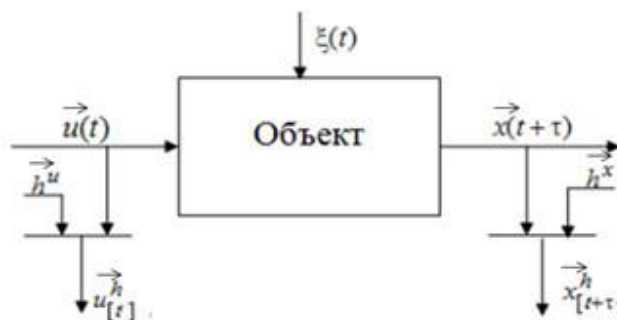


Рисунок 1 – Общая схема исследуемого процесса

На рисунке 1 приняты обозначения: A – неизвестный оператор объекта, $\vec{u}(t)$ – вектор входных переменных, $\vec{x}(t)$ – вектор выходных переменных. Стоит уточнить, что в статье рассматриваются процессы, относящиеся к кибернетике и теории автоматического управления, а не те процессы, которые рассматриваются в теории вероятности, такие как процесс Винера или Гаусса[1].

Рассматривается задача, моделирования объектов с зависимыми входными воздействиями, причем характер зависимости – неизвестен. Последнее приводит к тому, что исследуемый процесс, в пространстве «входных – выходных» переменных, протекает не только в многомерном кубе, определяемом векторами входных-выходных переменных, но в некоторой его подобласти, имеющей «трубчатую» структуру.

Подобные процессы были названы H^λ – процессами[3].

Как было сказано выше H^λ -процесс – процесс, у которого вектор входных переменных имеет статическую зависимость. Поясним, что это означает на практике.

Область, в котором протекает процесс - это пространство его «входных-выходных» переменных.

При наличии стохастической связи компонент вектора входа, реальная область протекания процесса представляет собой некоторую подобласть $\Omega^H(u)$ в рассматриваемом пространстве $\Omega(u)$.

В качестве примера можно привести любой процесс, у которого входные переменные должны быть заданы в известных пропорциях.

При моделировании H -процессов необходимо учитывать зависимость между входными переменными, иначе будет разработана модель, которая будет давать прогноз даже при условиях, в которых процесс не протекает.

Для борьбы с вышеописанными сложностями была разработана индикаторная функция, задача которой заключается в выделении области протекания процесса.

При использовании индикаторной функции параметрическую модель (1) можно изменить следующим образом (2)

$$\hat{x}_s = \hat{f}(u, \alpha_s), \quad (1)$$

$$\hat{x}_s = \hat{f}(u, \alpha_s)I(u). \quad (2)$$

где α_s – вектор параметров.

Индикаторная функция $I(u)$ имеет вид:

$$I(\bar{u}, \hat{u}_s) = \begin{cases} 1, & \text{если } \bar{u} \in \Omega^H(\bar{u}) \\ 0, & \text{если } \bar{u} \notin \Omega^H(\bar{u}) \end{cases}, \quad (3)$$

где $\Omega^H(\bar{u})$ – область протекания процесса.

Подчеркнем еще раз, что область $\Omega^H(u)$ не известна, а известна только выборка $x_i, u_i, i = \overline{1, s}$. Если индикатор равен нулю, то оценка \hat{x}_s не может быть вычислена, т.е. при таких значениях компонент вектора $u \in \Omega(u)$ процесс протекать не может. Если индикатор $I_s(u)$ при любом значении $u \in \Omega(u)$ равен единице (моделируемый процесс не является Н-процессом), то модель совпадает с (1).

В качестве оценки индикаторной функции $I_s(u)$ можно принять следующее приближение:

$$I_s(u) = \text{sgn} \prod_{j=1}^s \Phi(c_s^{-1}(u^j - u_i^j)), \quad (4)$$

Н - процессы, описанные выше, имеют одну выходную переменную. Безусловно в реальных технологических процессах подобная ситуация нереалистична. Чаще всего технологический процесс характеризуется множеством выходных переменных $x_j, j = \overline{1, k}$, где k - количество выходных переменных.

Рассмотрим частный случай N^λ процессов с несколькими выходными переменными.

Предположим, что изучаемый процесс имеет два входных и два выходных воздействия. Имеется обучающая выборка размера n $(x_{1i}, x_{2i}, \bar{u}_i), i = \overline{1, n}$.

На рисунке 2 отображена структура изучаемого процесса

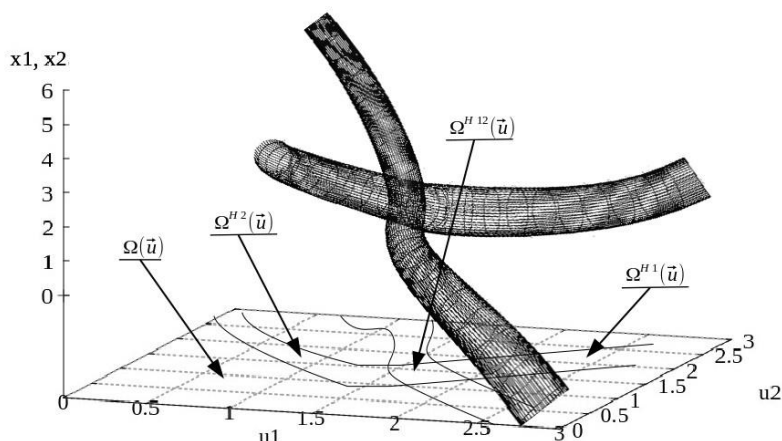


Рисунок 2 – Процесс с двумя выходными переменными, имеющими общую область

На рисунке приняты следующие обозначения $\Omega_\lambda(\bar{u})$ - область определения входных переменных, $\Omega_\lambda^{H1}(\bar{u})$ - область определения входных переменных для выходной переменной x_1 , $\Omega_\lambda^{H2}(\bar{u})$ - область протекания выходной переменной x_2 , $\Omega_\lambda^{H12}(\bar{u})$ - пересечение областей $\Omega_\lambda^{H1}(\bar{u})$ и $\Omega_\lambda^{H2}(\bar{u})$, u_1, u_2 - входные переменные, x_1, x_2 - выходные переменные.

Еще раз напомним, выходная переменная x_1 определена только в области Ω_λ^{H1} , в остальной области подпроцесс, который на выходе выдает, x_1 не существует, то же касается и

x_2 с областью $\Omega_{\lambda}^{H^2}(\bar{u})$.

Исходя из данного рисунка видно, что выходные переменные x_1 и x_2 определены только в области $\Omega_{\lambda}^{H^{12}}(\bar{u})$.

Логичным решением задачи моделирования исследуемого процесса с несколькими выходными переменными, будет использование нескольких индикаторов по одному для каждого из выходных воздействий.

В общем виде моделирование процесса с k выходными переменными выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} x_1 &= \hat{f}_1(\bar{u}, \alpha_s) \prod_{v=0}^k I_v(\bar{u}_i) \\ &\dots\dots\dots \\ x_k &= \hat{f}_k(\bar{u}, \alpha_s) \prod_{v=0}^k I_v(\bar{u}_i) \end{aligned} \tag{5}$$

В случае если одна из выходных переменных x определена во всей области определения входных переменных ($\Omega(\bar{u})$), то соответствующий индикатор всегда будет иметь значение 1, и, соответственно не будет влиять на выражение $\prod_{v=0}^k I_v(\bar{u})$.

Помимо этого, в случае, если процесс не является процессом типа Н, то все индикаторы примут значение 1, а значит $\prod_{v=0}^k I_v(\bar{u}_i) = 1$, в данном случае система примет следующий вид:

$$\begin{aligned} x_1 &= \sum_{i=1}^n x_{1i} \hat{f}(u_i, \alpha_s) \\ x_2 &= \sum_{i=1}^n x_{2i} \hat{f}(u_i, \alpha_s) \end{aligned} \tag{6}$$

Это подтверждает, что модель (5) является более общим видом модели процесса с несколькими выходными переменными.

Продемонстрируем результат моделирования с использованием индикаторных функций. В качестве исследуемого процесса возьмем систему уравнений:

$$\begin{aligned} x_1 &= u_1 + u_2 \\ x_2 &= u_1 + 0.6u_2 \end{aligned} \tag{7}$$

$\bar{u} \in (0,3)$, на процесс воздействует помеха 5%. Были созданы две параметрические модели, отражающие данные системы.

Данный процесс является H^{λ} – процессом. Для первой выходной переменной, выполняется следующее равенство:

$$\begin{aligned} u_2 &= \sin(u_1/1.3) \cdot 2 + \xi_1, \\ \xi_1 &\in (-0.2;0.2). \end{aligned} \tag{8}$$

Для второй выходной переменной выполняется следующее равенство.

$$\begin{aligned} u_2 &= 3 - u_1 + \xi_2, \\ \xi_2 &\in (-0.2;0.2). \end{aligned} \tag{9}$$

Были разработаны две параметрических модели, описывающие поведение каждой выходной переменной.

Использовалась выборка наблюдений, представленная на рисунке 3.

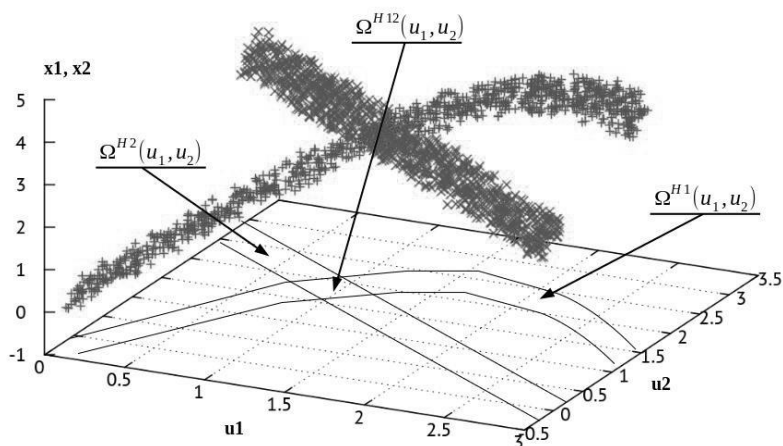


Рисунок 3 – Обучающая выборка, без предварительной обработки

Из рисунка 3 видно, что часть обучающей выборки не входит в область Ω_{λ}^{H12} . Обработаем обучающую выборку, предварительно помножив ее на индикаторную функцию.

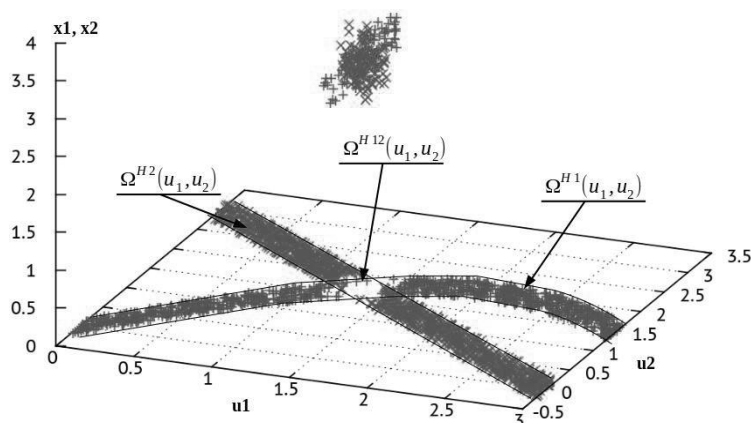


Рисунок 4 – Обучающая выборка, с предварительной обработкой, с использованием индикатора

Из рисунка 4 видно, что использование индикаторных функций выделило из всех элементов выборки наблюдений только те, которые принадлежат области Ω_{λ}^{H12} .

Заключение

Была рассмотрена задача моделирования Н-процессов с несколькими выходными переменными. Предложен способ моделирования исследуемых Н-процессов, основанный на модификации параметрической модели, при помощи индикаторной функции.

Рассмотрен случай, когда существует область «пересечения» протекания выходных переменных исследуемого процесса Ω_{λ}^{H12} , и предложен способ моделирования процессов в данном случае.

Библиографический список

1. Дж. Л. Дуб, Вероятностные процессы // Издательство иностранной литературы. Москва, 1956. 606 С.
2. Загоруйко Н.Г. Когнитивный анализ данных. - Новосибирск: Гео, 2013.— 186 с.
3. Медведев А.В. Анализ данных в задаче идентификации // Компьютерный анализ данных моделирования. Т.2.- Минск: БГУ, 1995. С. 201-206.

СТРУКТУРНО И ПАРАМЕТРИЧЕСКИ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Федосенков Д.Б.¹, Симикина А.А.², Федосенков Б.А.²

¹Сибирская генерирующая компания, г. Москва

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Россия

При моделировании режимов работы реальных производственных смесеприготовительных агрегатов, в ходе мультиингредиентного дозирования происходит спорадическое изменение нагрузки на заборную часть дозирующих устройств (ДУ), вызванное поступлением в ДУ материалов, которые изначально произвольно, вариативно, распределены в бункерных емкостях ДУ. Вследствие этого меняются структурный и параметрический состав модели объекта управления. В частности, при возрастании нагрузки на ДУ происходит структурная перестройка моделей процесса дозирования. Например, при дозировании дозирующими устройствами непрерывного действия (НДУ спирального или шнекового типа [1] – СДУ или ШДУ) в процессе роста нагрузки (L-наброса) возникает комбинированный переходный процесс (ПП) в виде сигнала расхода на выходе дозатора, включающий ординарный ПП, определяемый тремя полюсами процесса дозирования с неизменной частотой дозирования, и нестационарный прямой частотно-время-зависимый ПП, в котором характер последнего определяется дополнительным полюсом, формирующим экспоненциальный вид такого процесса. Экспериментально установлена его форма (с помощью время-частотных распределений класса Коэна [2]), хорошо аппроксимируемая импульсной переходной характеристикой аperiodического процесса первого порядка. Таким образом, общий порядок модели прямого комбинированного ПП становится равен четырем.

При обратном изменении нагрузки на НДУ, то есть при ее снижении (L-сбросе), возникающий в ДУ прямой нестационарный комбинированный ПП определяется – помимо влияния на процесс трех «родных» полюсов – дополнительно возникающими еще тремя полюсами, формирующими прямой нестационарный частотно-время-зависимый ПП. Последний изменяется по двухэкспоненциальной зависимости переходной характеристики аperiodического типа второго порядка. Этими факторами характеризуется понятие *структурной нестационарности*.

С другой стороны, переходные процессы, возникающие в объекте, характеризуются *параметрической нестационарностью*, которая проявляется в текущей изменчивости мгновенной частоты сигнала расхода при L-набросе / L-сбросе на входе дозирующего устройства.

Такого же рода переходные процессы формируются автоматизированной системой модального управления дозаторами [3, 4] при реализации обратных ПП, восстанавливающих номинальные режимы дозирования. Такие переходные процессы обозначаются как восходящие обратные ПП (ВОПП) и нисходящие (НОПП). Тогда прямые нестационарные переходные процессы соответственно резонно именовать нисходящими и восходящими прямыми переходным процессами (НППП и ВППП).

Таким образом, при модальном управлении создается эффект принудительной структурно-параметрической нестационарности за счет смены локализации "созвездия" полюсов замкнутой САУ.

Степень сложности модального управления, то есть управления объектом в условиях принудительного размещения «созвездия» полюсов в замкнутой системе с обратной связью по вектору переменных состояния [5], определяется количеством полюсов в созвездии.

В таблице 1 приведено распределение полюсов для моделей дозирующих устройств в составе блока дозаторов (БДУ).

В соответствии с полной структурой БДУ, включающей пять дозаторов непрерывного и дискретного действия (СДУ, ШДУ и три порционных дозатора – ПДУ, последний со скважно-

стью формирования доз λ , отличной от 2), сформирована структурная схема модели БДУ.

Таблица 1 – Наличие полюсов моделей дозирующих устройств

Тип ДУ	Кол-во ДУ	Количество полюсов
СДУ	2	-- для одного НДУ: 3 (1 пара сопряженных мнимых полюсов)
ШДУ	1	3 (1 пара сопряженных мнимых полюсов)
НДУ	3	-- общее количество полюсов для НДУ: 9 (3 пары сопряженных мнимых полюсов + 3 вещественных полюса)
ПДУ, $\lambda=2, N=10$	2	-- для одного ПДУ: 11 (5 пар сопряженных мнимых полюсов + 1 вещественный полюс)
ДДУ, $\lambda=2, N=10$	2	-- общее количество полюсов ДДУ: 22 (10 пар сопряженных мнимых полюсов + 2 вещественных полюса)
ПДУ, $\lambda \neq 2, N=10$	2	-- для одного ПДУ: 41 (20 пар сопряженных мнимых полюсов + 1 вещественный полюс)
ПДУ, $\lambda \neq 2, N=10$	2	-- общее количество полюсов ДДУ: 82 (40 пар сопряженных мнимых полюсов + 2 вещественных полюса)
БДУ (2 СДУ + 1 ШДУ + 2 ПДУ), $\lambda \neq 2, N=10$	5	-- общее количество полюсов БДУ: 91 (43 пары сопряженных мнимых полюсов + 5 вещественных полюсов)
БДУ, (СДУ + ШДУ + 3 ПДУ), $\lambda \neq 2, N=10$	5	-- общее количество полюсов БДУ: 129 (62 пары сопряженных мнимых полюсов + 5 вещественных полюсов)

Таким образом, для инициирования процесса модального управления необходима информация о предыдущем характере процесса дозирования, возникающего при спорадическом изменении нагрузки на заборную часть ДУ. Такие первичные переходные процессы дозирования в условиях варьирования нагрузки назовем *автономно-спорадическими* (к ним относятся нисходящий и восходящий типы прямых переходных процессов, соответственно обозначаемые как НППП и ВППП), а переходные процессы, восстанавливающие номинальные режимы дозирования и формируемые системой модального управления – *принудительно-модальными* (это – упомянутые выше ВОПП и НОПП).

Вид автономно-спорадических процессов, регистрируемых экспериментально и отображаемых в многомерном время-частотном формате вейвлет-распределений класса Коэна [6.7], и обратных процессов типа ВОПП и НОПП представлены на рисунках 1 и 2.

При увеличении нагрузки на дозатор по вейвлет-карте (распределению класса Коэна) возмущенного автономно-спорадического режима системой оценивается постоянная времени T (рисунок 2), и далее определяются требуемые значения постоянных времени T_1 и T_2 восходящего переходного процесса (ВОПП) (рисунок 1).

При снижении же нагрузки системой модального управления оцениваются постоянные времени прямого процесса типа ВППП, по которым задается постоянная времени нисходящего процесса типа НОПП.

Эти процедуры выполняются в режиме реального времени в рамках алгоритма модального управления, после которых производится расчет параметров модального регулятора, с помощью которого реализуются обратные переходные процессы типа ВОПП и НОПП.

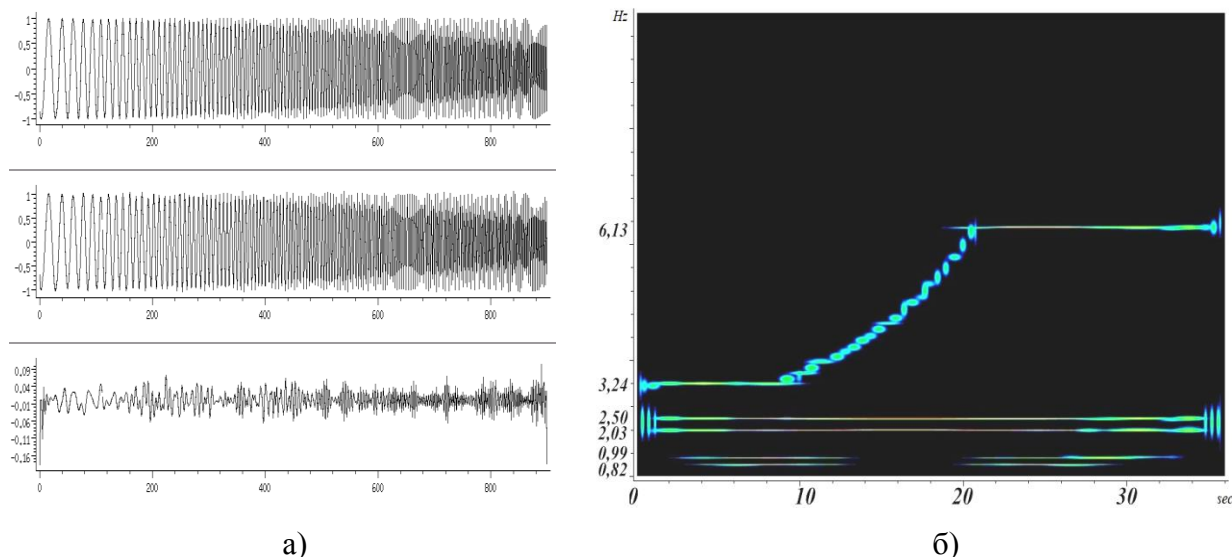


Рисунок 1 – Центрированный переходный процесс в спиральном дозаторе в режиме снижения нагрузки (чирп-сигнал), реконструированный по алгоритму вейвлет-поиска соответствия (ВПС) сигнал расхода дозатора, а также ошибка аппроксимации сигнала (а); многомерное отображение чирп-сигнала с возрастающей время-зависимой мгновенной частотой (б)

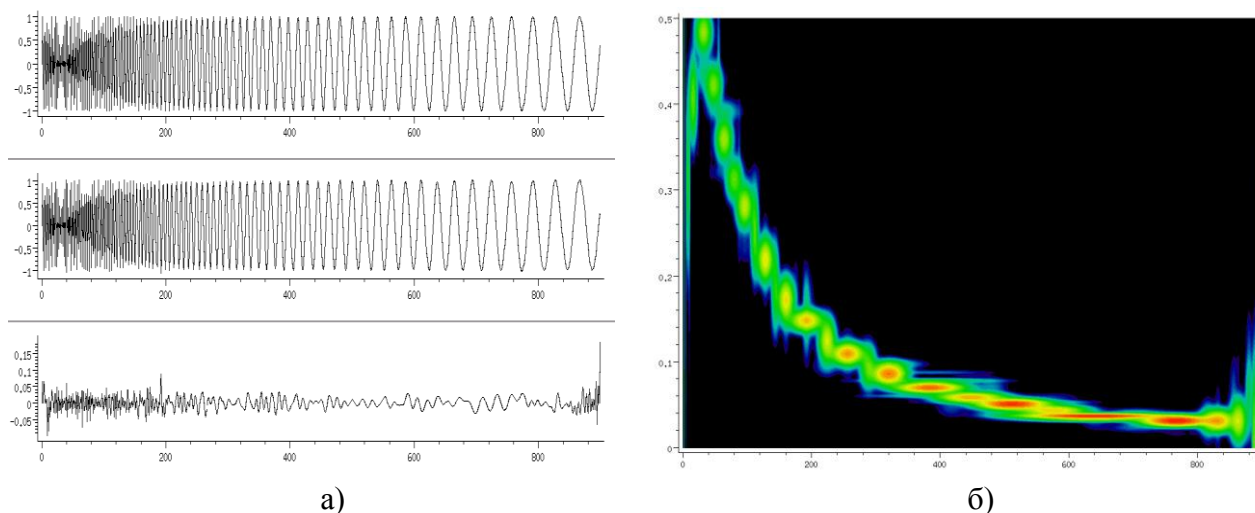


Рисунок 2 – Центрированный переходный процесс в шнековом дозаторе в режиме роста нагрузки (чирп-сигнал), реконструированный по алгоритму вейвлет-поиска соответствия (ВПС) сигнал, а также ошибка аппроксимации сигнала (а); многомерное отображение чирп-сигнала с падающей время-зависимой мгновенной частотой (б)

Процедура реализации алгоритма модального управления процессом дозирования, в том числе технология принудительной локализации и релокации полюсов замкнутой САУ в условиях нестационарных процессов в системе «исполнительный механизм-ДУ», рассмотрена на примере дозатора непрерывного действия в возмущенном режиме после наброса нагрузки.

Подобную процедуру целесообразно применять и в многомерно-точечных системах, использующих вейвлет-среду как средство эффективного отображения одномерных сигналов. Расчет параметров модального регулятора, то есть определение матрицы обратной связи K по полному вектору переменных состояния, сводится к ее расчету по формуле Аккермана [5, 8]:

$$K = [0 \quad 0 \quad 0 \quad 1] \cdot Q_c^{-1} \cdot \alpha(A)$$

где Q_c^{-1} – обратная матрица управляемости: $\alpha(A)$ – матричный полином, сформированный согласно теореме Кэйли-Хэмилтона [5]. Для упрощения расчетов модели берутся только для переменных составляющих процесса дозирования (игнорируются постоянные составляющие процесса, определяемые нулевыми полюсами в составе моделей ДУ и нестационарного структурно-параметрического переходного процесса).

Параметры обратной матрицы управляемости, то есть матрицы состояния A и управления B , берутся из векторно-матричной модели, реализуемой в процедурах алгоритма модального управления процессом дозирования:

$$A = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} & A_{14} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & A_{44} \end{vmatrix}; \quad B^T = [B_{11} \mid B_{11} \mid B_{11} \mid B_{11}]^T$$

$$AB = \begin{vmatrix} (AB)_{11} \\ \dots \\ (AB)_{41} \end{vmatrix},$$

где $(AB)_{11} = A_{11}B_{11} + \dots + A_{14}B_{41}$;

$$(AB)_{41} = A_{41}B_{11} + \dots + A_{44}B_{41}.$$

$$A^2B = A(AB) = [(A^2B)_{11} \mid (A^2B)_{21} \mid (A^2B)_{31} \mid (A^2B)_{41}]^T,$$

где $(A^2B)_{11} = A_{11}(AB)_{11} + \dots + A_{14}(AB)_{41}$;

$$(A^2B)_{41} = A_{41}(AB)_{11} + \dots + A_{44}(AB)_{41}$$

$$A^3B = A(A^2B) = [(A^3B)_{11} \mid (A^3B)_{21} \mid (A^3B)_{31} \mid (A^3B)_{41}]^T,$$

где $(A^3B)_{11} = A_{11}(A^2B)_{11} + \dots + A_{14}(A^2B)_{41}$;

$$(A^3B)_{41} = A_{41}(A^2B)_{11} + \dots + A_{44}(A^2B)_{41}.$$

Таким образом, матрица управляемости

$$Q_c = [B \mid (AB)_{11} \mid \dots \mid (AB)_{41}]^T [(A^2B)_{11} \mid \dots \mid (A^2B)_{41}]^T [(A^3B)_{11} \mid \dots \mid (A^3B)_{41}]^T,$$

поэтому обратная матрица управляемости:

$$Q_c^{-1} = \text{Adj}[\text{Alg}(Q_c^T)] / \det Q_c$$

Желаемый характеристический полином определяется по формуле $\alpha(s) = s^4 - d_1 s^3 + d_2 s^2 - d_3 s + d_4$, где $d_1 = (s_{p1} + s_{p2} + s_{p3} + s_{p4})$; где s_{pj} – полюсы объекта; $d_2 = [s_{p1} s_{p2} s_{p3} x (s_{p1} + s_{p2}) + s_{p4} (s_{p1} + s_{p2} + s_{p3} + s_{p4})]$; $d_3 = [s_{p1} s_{p2} s_{p3} + s_{p1} s_{p2} s_{p3} s_{p4} (s_{p1} + s_{p2})]$; $d_4 = s_{p1} s_{p2} s_{p3} s_{p4}$.

Следовательно, матричный полином имеет вид $\alpha(A) = A^4 - d_1 A^3 + d_2 A^2 - d_3 A + d_4 I$, I – единичная матрица.

$$\alpha(A) = \begin{bmatrix} 0 & -T^{-1}\omega^2 + 1 & -\omega^2 + 1 & -T^{-1} + 1 \\ 0 & -\omega^2(T^{-2} + T^{-1}) & -\omega^2 + 1 & (-\omega^2 + 1) + (T^{-2} - T^{-1}) \\ 0 & \omega^4 T^{-1} - \omega^2(T^{-2} + T^{-1}) & \omega^2(\omega^2 - 1) & \omega^2(T^{-1} - 1) - T^{-3} + (T^{-2} - T^{-1}) + 1 \\ 0 & \omega^2(\omega^2 - 1)(T^{-2} + T^{-1}) & \omega^2(\omega^2 - 1) & \omega^2(\omega^2 - T^{-2}) - \omega^2(T^{-1} - 1) + T^{-4} - T^{-3} + (T^{-2} - T^{-1}) \end{bmatrix}$$

По виду $\alpha(A)$ нетрудно заметить, что в системе РСАУ влияние на переходный процесс имеют полюсы s_{p2} , s_{p3} и s_{p4} (два мнимых сопряженных и вещественный отрицательный), соответствующие параметрам ω и T , создающие частотную составляющую и определяющие быстродействие переходного процесса.

В результате, получаем матрицу K модального регулятора вида

$$K = [0 \ 0 \ 0 \ 1] Q_c^{-1} \alpha(A) = [0 \ / (T^1 \omega^2 - 1) \ / (\omega^2 - 1) \ / (T^1 - 1)] = [K_1 \ / K_2 \ / K_3 \ / K_4].$$

Данная матрица непрерывно пересчитывается в реальном масштабе времени с произвольным шагом миллисекундного диапазона в ходе переходного процесса, чтобы обеспечить его время-частотный (чирп-) характер.

По аналогичным процедурам автоматизированная система рассчитывает параметры модального регулятора для любого дозирующего устройства или блока дозаторов.

Полученные параметры дают возможность задавать требуемые нестационарные полюсы замкнутой САУ с полной обратной связью по состоянию, которые определяет автоматизированная система модального управления по разработанному алгоритму.

Таким образом, установлено, что при моделировании процессов в системе модального управления режимами дозирования, возникают нестационарные структурно-параметрические переходные процессы, вызываемые вторичными реакциями на спорадические изменения входных неконтролируемых воздействий (нагрузки) на заборные части дозирующих устройств. Модели такого рода являются составными элементами комплексного алгоритма модального управления технологическими процессами различного характера.

Библиографический список

1. Федосенков Б.А. Автоматизированное управление смесеприготовительными процессами в вейвлет-среде / Б.А. Федосенков, Д.Б. Федосенков. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2015. – 189 с.
2. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Малла. М.: Мир, 2005. – 673 с.
3. Симикина А.А. Разработка алгоритма синтеза системы модального управления / А.А. Симикина, Д.Б. Федосенков, Б.А. Федосенков // Сборник материалов II-й Международной научно-практической конференции "Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте", 03-04 октября 2018. - Кемерово - 2018. - С. 136-139.
4. Федосенков, Д.Б. Синтез системы модального управления блоком дозирующих устройств / Д.Б. Федосенков, А.А. Симикина, Б.А. Федосенков // Машиностроение: инновационные аспекты развития: Материалы международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2019. – №2. – 237 с. (С. 162-167).
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебное пособие/ Д.П. Ким.– М.: Физматлит, 2004.– 464 с.
6. Cohen L. Time-frequency analysis / L. Cohen. - Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. – 299 pp.
7. Auger F., Chassande-Mottin, E. Quadratic time-frequency analysis I: Cohen's class / in "Time-frequency analysis: concepts and methods", ISTE. - 2008 (January). – pp. 131-163.
8. Ackermann J.E. Der Entwurf linearer Regelungssysteme im Zustandsraum, Regelungstechnik und Prozessdaten Verarbeitung / J.E. Ackermann. – 7 (1972). – P. 297-300.

О ЗАДАЧЕ ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОПУСКОВ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Медведев А.В., Корнеева А.А.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

Введение

Успешность решения задачи идентификации объекта управления во многом зависит от качества используемых при этом данных измерений «входных-выходных» переменных процесса. По различным причинам данные могут содержать в себе пропуски (неисправность измерительного прибора, ошибка в работе оператора, сложность контроля измеряемых переменных и др.). Пропуски в наблюдениях «входных-выходных» переменных процесса значительно усложняют процесс построения математической модели. Кроме того, задача усложняется работой в условиях неполной информации и наличием многих случайных факторов.

Проблеме обработки данных с пропусками посвящено много работ, в частности различные методы представлены в книге Р.Дж. Литтла и Д.Б. Рубина [1]. Представленные в работе методы в своем большинстве относятся к классу параметрических. Параметрические методы предполагают наличие значительного объема априорных сведений об объекте исследования, в том числе и знания о его структуре [2]. Но на практике мы не всегда обладаем этими сведениями. В этих случаях поиск подходящей параметрической структуры требует существенных усилий.

В работе приводятся результаты использования метода заполнения пропусков «входных-выходных» переменных процесса, основанный на непараметрических алгоритмах. Отличие непараметрических методов от общепринятых параметрических состоит в отсутствие этапа выбора параметризованной структуры модели на основании имеющейся априорной информации. В этом случае требования к априорной информации ослабевают. Здесь требуется информация на качественном уровне (статический или динамический объект, линейный или нелинейный и др.). Непараметрические методы в значительной степени базируются на непараметрической оценке функции регрессии по наблюдениям, которая и используется в работе [3, 4].

1. Постановка задачи

Рассмотрим общую схему исследуемого процесса, принятую в теории идентификации (рисунок 1).

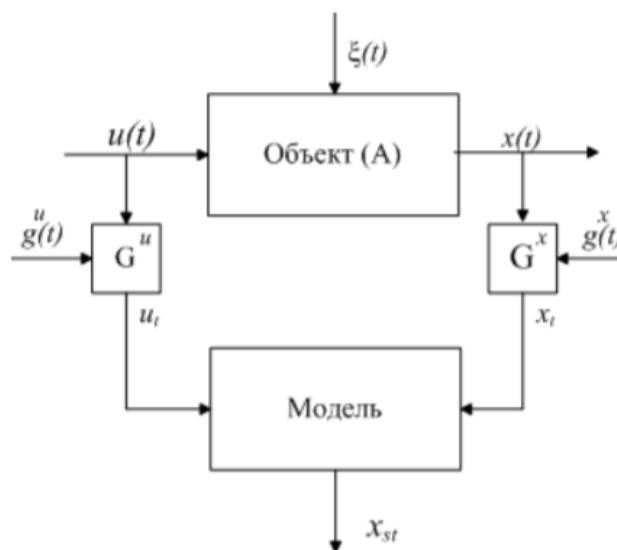


Рисунок 1 - Общая схема идентификации исследуемого процесса

Здесь приняты следующие обозначения: A – неизвестный оператор объекта; $u(t) \in \Omega(u) \subset R^m$ – входное воздействие; $x(t) \in \Omega(x) \subset R^1$ – выходная переменная; (t) – непрерывное время; $\xi(t)$ – случайное воздействие, действующее на процесс; u_i, x_i – измерения $u(t), x(t)$ через дискретные моменты времени Δt ; H^u, H^x – блоки контроля переменных; $h^u(t), h^x(t)$ – случайные помехи измерений, действующие в блоках контроля, имеют нулевое математическое ожидание и ограниченную дисперсию. Измерения «входных-выходных» переменных процесса поступают на блок «Модель», в который «включена» соответствующая модель процесса, x_{st} – выход блока «Модель». Исследуемый процесс может быть представлен в виде:

$$x(t) = (u(t - \tau), \xi(t), t), \quad (1)$$

где τ – запаздывание по различным каналам процесса.

Рассматриваемый процесс относится к классу дискретно-непрерывных, т.е. процесс является непрерывным, но его «входные-выходные» переменные контролируются с помощью дискретных средств контроля.

Пусть контроль входной переменной $u(t)$ может осуществляться через незначительные промежутки времени Δt . Для измерения выходной переменной $x(t)$ требуется большее время ΔT . При этом $\Delta t \leq \Delta T$. В результате переменные процесса контролируются с различной дискретностью, что приводит к появлению в данных пропусков. Матрица наблюдений «входных-выходных» переменных процесса в этом случае имеет вид, представленный в таблице 1.

В таблице 1 столбцы представляют собой переменные процесса, а строки – наблюдения. Принято, что дискретность измерения выходной переменной $x(t)$ в три раза больше дискретности измерения входной переменной $u(t)$ ($\Delta T = 3 \Delta t$), s – объем исходной выборки. Пропуски в данных значительно усложняют процесс моделирования и снижают точность решения задачи идентификации. В связи с этим интерес представляет задача заполнения пропусков «входных-выходных» переменных процесса с целью повышения качества моделирования.

Таблица 1 – Матрица наблюдений процесса с различной дискретностью контроля «входных выходных» переменных

i	u				x
1	u_{11}	u_{21}	...	u_{m1}	x_1
2	u_{12}	u_{22}	...	u_{m2}	–
3	u_{13}	u_{23}	...	u_{m3}	–
4	u_{14}	u_{24}	...	u_{m4}	x_4
5	u_{15}	u_{25}	...	u_{m5}	–
6	u_{16}	u_{26}	...	u_{m6}	–
7	u_{17}	u_{27}	...	u_{m7}	x_7
8	u_{18}	u_{28}	...	u_{m8}	–
9	u_{19}	u_{29}	...	u_{m9}	–
...
s	u_{1s}	u_{2s}	...	u_{ms}	x_s

В общем случае пропуски могут располагаться случайным образом как по входным, так и по выходным переменным.

При решении задачи идентификации можно использовать только полностью заполненные строки матрицы наблюдений, не учитывая строки с пропусками, но при этом теряется важная информация о процессе, что является нецелесообразным. Кроме того, для решения задачи идентификации предпочтительно иметь выборки большего объема. Следовательно,

заполнение пропусков переменных матриц наблюдений является важной задачей.

1. *Непараметрическая оценка функции регрессии по наблюдениям и этапы восстановления пропусков матрицы наблюдений*

Пусть даны наблюдения $\{u_i, x_i, i = \overline{1, s}\}$ случайных величин $u(t)$, $x(t)$, распределенных с неизвестными плотностями вероятности $p(x, u)$. Для восстановления $x(u) = M\{x | u\}$ используются непараметрические оценки вида:

$$x_s(u) = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{u^j - u_i^j}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{u^j - u_i^j}{c_s}\right)}, \quad (2)$$

где $\Phi(c_s^{-1}(u - u_i))$ – ядерная колоколообразная функция,

c_s – коэффициент размытости ядра. Ядерная функция и коэффициент размытости ядра c_s удовлетворяют следующим условиям сходимости.

Параметр размытости c_s здесь может быть определен следующим образом:

$$R(c_s) = \sum_{k=1}^s (x_k - x_s(u_k, c_s))^2 = \min_{c_s}, k \neq i. \quad (3)$$

Рассмотрим основные этапы восстановления пропусков матрицы наблюдений на примере восстановления выходной переменной $x(t)$.

На первом этапе восстанавливается функция регрессии x_s (2) по наблюдениям $u(t)$ по выборке объема s_1 , полностью представленным в исходной матрице измерений, то есть по полностью заполненным строкам в результате эксперимента. Строки с пропусками значений выхода $x(t)$ на данном этапе не учитываются (объем выборки в этом случае равен $s < s_1$). Находится оптимальное значение коэффициента c_s (3).

Затем происходит заполнение пропусков в матрице наблюдений с использованием оценки $x_s(u)$, полученной на предыдущем этапе. Там, где наблюдения $x(t)$ пропущены, в оценку $x_s(u)$ подставляем значения измеренных $u = (u_1, u_2, \dots, u_m)$ и вычисляем соответствующую оценку x_s , которой восполняем недостающее наблюдение $x(t)$.

На заключительном этапе осуществляется построение непараметрической оценки $x_s(u)$ по заполненной матрице наблюдений объема s . Отметим, что в случае использования непараметрических методов для восстановления пропусков «входных-выходных» переменных процесса нам необходимо иметь выборку наблюдений вида $\{u_i, x_i, i = \overline{1, s}\}$ и обладать сведениями о качественном характере процесса.

2. Вычислительный эксперимент

Для вычислительного эксперимента примем объект, на вход которого подается входная переменная $u(t) = (u_1(t), u_2(t), u_3(t)) \in [0; 3]$, на выходе объекта – скаляр $x(t)$. Матрица наблюдений «входных-выходных» переменных объекта имеет вид, представленный в таблице 1, то есть дискретность контроля ΔT выходной переменной $x(t)$ в три раза больше дискретности контроля Δt входной переменной $u(t)$ ($\Delta T = 3 \Delta t$). Выходная переменная процесса $x(t)$ описывается зависимостью:

$$x = 0.5u_1^2 + \sin(u_2) + 2\sqrt{u_3}, \quad (4)$$

а переменная $u(t)$ генерируется случайным образом по равномерному закону распределения. Зависимость (4) необходима для получения в компьютерном эксперименте соответствующих исходных выборок $\{u_i, x_i, i = \overline{1, s}\}$. В дальнейшем характер данной зависимости предполагает-

ся неизвестным.

Относительная ошибка в эксперименте вычислялась по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{i=1}^s (x_i - x_i(u))^2 / \sum_{i=1}^s \frac{1}{s-1} (m - x_i)^2}, \quad (5)$$

где σ – относительная ошибка моделирования,

m – оценка математического ожидания выходной переменной $x(t)$.

Рассмотрим рисунок 2, на котором показаны графики зависимости относительной ошибки моделирования σ (5) (ось ординат) от объема исходной выборки s (ось абсцисс) для трех матриц (истинной, с пропусками и восстановленной). Работать с истинной матрицей наблюдений мы можем лишь в рамках вычислительного эксперимента. Поскольку мы имеем дело со случайными величинами, то проводилось усреднение по результатам десяти экспериментов.

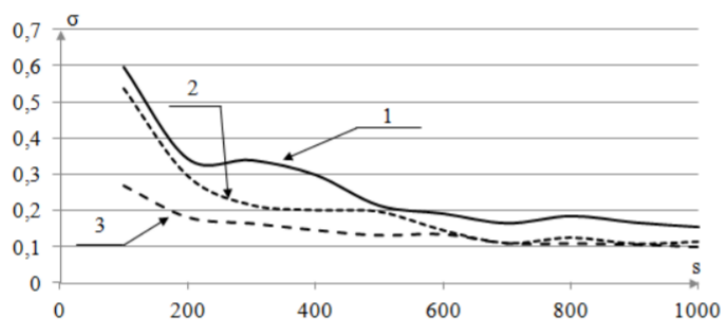


Рисунок 2 - Результаты вычислительного эксперимента

Для построения модели $x(t)$ использовалась классическая непараметрическая оценка функции регрессии (2). Сначала оценка строилась по матрице наблюдений с пропусками по переменной $x(t)$, что соответствует реальности (график 1 на рис. 2, соответствующий наибольшей относительной ошибке моделирования σ). Затем по заполненной с помощью предложенной выше методике матрице (график 2). В заключение – по исходной матрице наблюдений без пропусков (график 3; такой возможностью мы обладаем только в рамках вычислительного эксперимента). Как видно из рисунка, оценка по заполненной матрице наблюдений близка к оценке по истинной матрице наблюдений. Из этого следует, что заполнение пропусков матрицы наблюдений позволяет повысить точность решения задачи идентификации.

Вычислительные эксперименты показали, что с увеличением количества пропусков эффект от восстановления снижается. Однако точность оценивания по восстановленной матрице наблюдений выше, чем по матрице с пропусками.

Выводы

В работе изложена задача анализа данных, связанная с наличием пропусков в матрице наблюдений. Пропуски в рассматриваемом случае связаны с различной дискретностью контроля «входных-выходных» переменных. Предложена непараметрическая методика восстановления матрицы наблюдений с пропусками. В этой связи рассмотрена задача восстановления матрицы наблюдений с пропусками для решения задачи идентификации статических объектов с запаздыванием. Показано, что заполнение пропусков приводит к повышению качества работы модели. Относительная ошибка моделирования после заполнения сокращается в среднем на 5-10%.

Библиографический список

1. Литтл Р.Дж.А., Рубин Д.Б. Статистический анализ данных с пропусками. – М. : Финансы и статистика, 1990. – 336 с.
2. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. – М. : Наука, 1984.

– 320 с.

3. Надарая Э.А. Непараметрические оценки плотности вероятности и кривой регрессии. – Тбилиси : Изд. Тбил. ун-та, 1983. – 194 с.

4. Медведев А.В. Непараметрические системы адаптации. – Новосибирск : Наука, 1983. – 174 с.

5. Корнеева А.А., Сергеева Н.А. Непараметрическая идентификация дискретнонепрерывных процессов «трубчатой» структуры при наличии пропусков в данных // Системы управления и информационные технологии. – 2012. – № 4.1 (50). – С. 52-62.

ДВУХКАНАЛЬНАЯ АКТИВНАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МУНИЦИПАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ

Бурков В.Н., Киселева Т.В.

*Институт проблем управления РАН, г Москва,
Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Многообразие целей и задач, решаемых руководством при управлении муниципальным образованием, большое число подчиненных, различные выполняемые ими функции, их разные возможности и способности, требования и условия управления – все это требует от руководства владения большим количеством информации, необходимой для принятия эффективных управленческих решений. Возникает необходимость получения информации с привлечением экспертов.

На сегодняшний день известны десятки способов проведения опроса экспертов и обработки их мнений. При управлении муниципальными образованиями важную роль играют механизмы экспертизы [1-3], т.е. механизмы получения и обработки мнений экспертов, в качестве которых рассматриваются опытные специалисты в соответствующей области. Поскольку речь идет об использовании экспертов, как активных элементов, то экспертиза названа активной.

Под механизмом *активной экспертизы* понимается следующая модель. Имеется n активных элементов – экспертов, каждый из которых имеет собственные представления об оцениваемой предметной области, например, о финансовых затратах, связанных с управлением муниципальным образованием. Собственные представления i -го эксперта обозначим $r_i \in [r^{min}; r^{max}]$ – субъективное мнение i -го эксперта, т.е. его истинное представление об оцениваемых показателях, а оценка, которую i -ый эксперт сообщает заказчику информации s_i , принадлежит тому же интервалу. Итоговое мнение экспертов $x \in [r^{min}; r^{max}]$, на основании которого принимается решение, является функцией оценок, сообщенных экспертами, $s = (s_1, s_2, \dots, s_n)$ и определяется в соответствии с процедурой планирования $\pi(s)$, т.е. $x = \pi(s)$. Относительно процедуры планирования предполагаем, что она непрерывна, строго монотонно возрастает по всем переменным и удовлетворяет условию единогласия: $\forall a \in [r^{min}; r^{max}]; (a, a, a, \dots) = a$. Без потери общности можно положить, что минимальная допустимая оценка $r^{min} = 0$, а максимальная оценка $r^{max} = 1$. Если предположить, что каждый из экспертов заинтересован в том, чтобы результат экспертизы – коллективное решение – был максимально близок к его истинному мнению, то в общем случае он может сообщить недостоверную информацию, искренне стремясь повлиять на результат в нужную с его точки зрения сторону. Следовательно, возникает проблема манипулируемости механизма экспертизы.

Обычно можно предположить, что эксперты сообщают свои истинные мнения $\{r_i\}_{i \in n}$.

При этом, если мнения экспертов расходятся из-за субъективных причин, то например, средняя оценка $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$ достаточно объективно и точно будет отображать мнения экспертов. Если

эксперты заинтересованы в результатах экспертизы, то они не обязательно будут сообщать свое истинное мнение, т.е. механизм $\pi(\cdot)$ может быть подвержен манипулированию, а именно ($s_i \neq r_i$).

Формализуем интересы эксперта. Предположим, что каждый эксперт заинтересован в том, чтобы результат экспертизы x был максимально близок к его мнению r_i , т.е. примем в качестве целевой функции i -го эксперта: $f_i(x_i, r_i) = -|x - r_i|$, $i = \overline{1, n}$.

При этом эксперт будет сообщать оценку s_i , обеспечивающую минимум величины $|x(s_1, \dots, s_i, \dots, s_n) - r_i|$.

Приведем пример манипулирования [1]. Примем $n = 3$; $r^{min} = 0$; $r^{max} = 1$; $r_1 = 0,4$; $r_2 = 0,5$; $r_3 = 0,6$, а механизм обработки оценок экспертов: $x = \pi(s) = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^n s_i$. Если $s_i \equiv r_i$, $i = \overline{1, n}$,

т.е., если все эксперты сообщают информацию без искажения, то $x = 0,5$. При этом итоговая оценка полностью совпала с истинным представлением второго эксперта, и он полностью удовлетворен результатом. Остальные же эксперты не удовлетворены, так как $r_1 < 0,5$, а $r_3 > 0,5$. Следовательно, эти эксперты попытаются сообщить другие оценки s_1 и s_3 . Допустим, что они сообщают оценки $s_1^* = 0$, $s_2^* = 0,5$, $s_3^* = 1$. Тогда $x^* = \pi(s_1^*, s_2^*, s_3^*) = 0,5$. Получили ту же итоговую оценку. Снова первый и третий эксперты не будут удовлетворены. Проанализируем, могут ли они поодиночке изменить ситуацию. Если $s_1 \neq s_1^*$, а $s_2 = s_2^*$, $s_3 = s_3^*$, то

$\pi(s_1, s_2^*, s_3^*) > x^*$, следовательно, первый эксперт, изменяя свою оценку, еще более удаляет итоговый результат от собственного истинного мнения. То же самое можно сказать и о третьем эксперте: $\pi(s_1^*, s_2^*, s_3) < x^*$, если $s_3 \neq s_3^*$. Таким образом, отклоняясь поодиночке от

сообщения s^* , ни один из экспертов не может приблизить итоговый результат к своему субъективному мнению. Значит итоговая оценка $s^* = (0; 0,5; 1,0)$ является равновесием Нэша. Этот результат позволяет говорить, что, если заказчик заинтересован в получении достоверной информации от экспертов, то он может этого добиться, используя неманипулируемый прямой механизм.

Подкласс механизмов экспертизы составляют механизмы согласия, которые могут также рассматриваться как разновидность механизмов распределения ресурса. Основная идея, используемая в механизмах согласия, заключается в том, что эксперты сообщали не просто оценки некоторых величин, а соотносили важность оцениваемого показателя с некоторым общим для всех, так называемым, базовым показателем. В [1] доказана возможность выделения одного базового показателя из трех, следовательно, при организации экспертизы с использованием механизмов согласия возможно разбиение экспертов по тройкам, обеспечивающее неманипулируемость механизма в предположении, что каждый эксперт в той или иной степени заинтересован в определенных итоговых значениях этих показателей.

Возможность обеспечения достоверности сообщаемой экспертами информации является также при использовании двухканальных механизмов получения информации (экспертизы). Причем первый канал обеспечивается экспертами либо их обобщенной оценкой запрашиваемой информации, а в качестве второго канала можно использовать мнение самого заказчика, т.е. лица, принимающего решение и заинтересованного в получении достоверной информации. Его мнение о затратах строится на основе приобретенного практического опыта при решении задач, связанных с управлением муниципальными образованиями (развитием). Применение двух параллельных каналов получения информации в рамках двухканальной структуры системы в ряде случаев позволяет снизить неопределенность при ее формировании.

Размер стимула при этом будет тем больше, чем эффективнее полученный результат

при принятии мнения данного эксперта.

В двухканальных системах целесообразно применять приобъектно-пересчетные математические модели, которые позволяют в ретроспективном режиме оценивать результаты, которые были бы получены при принятии обобщенной информации о затратах, сформированной всеми экспертами, либо каждым в отдельности. В приобъектно-пересчетных математических моделях можно по предыстории (когда становятся известными фактически затраты после реализации программы развития и полученные при этом результаты решения данной проблемы) оценить, какой результат деятельности был бы получен, если информацию, реализованную лицом, принимающим решение, заменить на обобщенное мнение всех экспертов или информацию, сообщаемую каждым экспертом в отдельности. Эти сведения можно затем использовать для стимулирования экспертов за качество информации, формируемой ими, например, о затратах.

Как показала практика, наиболее эффективными являются двухуровневые приобъектно-пересчетные математические модели: верхний уровень – настроечно-идентифицирующий обеспечивает адекватность приобъектно-пересчетной модели описываемому объекту, свойства и условия функционирования которого непрерывно изменяются; нижний уровень – разностно-пересчетный отвечает на вопрос [4, 5]: какой результат был бы получен при решении данной проблемы, если бы, вместо информации о затратах, на которую было сориентировано лицо, принимающее решение, была бы учтена информация, полученная от того или иного эксперта.

Структура двухуровневой приобъектно-пересчетной модели (ПМ) приведена на рисунке 1.

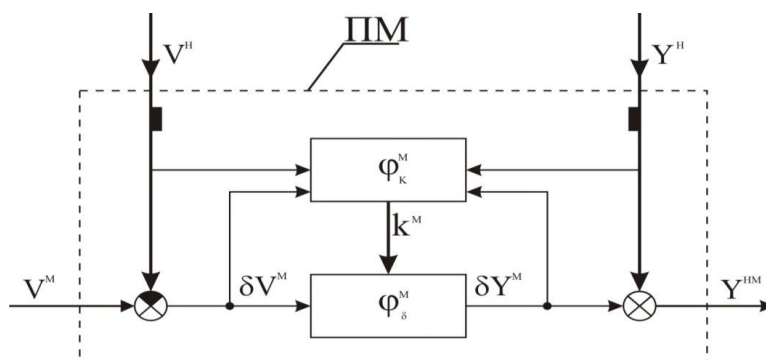


Рисунок 1 – Структура двухуровневой при объектно-пересчетной модели

На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

Φ_δ^M – разностный пересчетный оператор с вариантноностью по воздействиям, который служит для преобразования отклонений (приращений) входных и выходных переменных;

Φ_K^M – настроечно-идентифицирующий (с адаптацией) оператор, с помощью которого производятся изменения (уточнения) коэффициентов k^M и связей в составе Φ_δ^M ;

k^M – параметрические (коэффициентные) и структурно-параметрические настройки.

Зачерненные прямоугольники на схеме условно обозначают базы данных $\{V^H, Y^H\}$ в сочетании с модельными и натурно-модельными данными $\{V^M, Y^{HM}\}$.

Использование такой системы стимулирования экспертов, позволит добиться неманипулируемости механизма активной экспертизы.

Таким образом, максимальное значение стимулирующей функции для каждого эксперта может быть достигнуто в том случае, если эксперты будут заинтересованы сообщать информацию, минимально ее искажая, и (в случае ее использования при расчете, например, затрат) максимально обеспечивая наиболее эффективный результат.

Та же идея лежит в основе работы автономных механизмов экспертизы, в которых эксперты самостоятельно приходят к согласию относительно коллективного решения и сообщают его заказчику. Использование стимулирования, пропорционального эффективности этого коллективного решения, также дает возможность обеспечить неманипулируемость автономных механизмов экспертизы.

В теории управления организационными системами доказано, а на практике подтверждено, что значение целевой функции, достигнутой в двухканальной системе, больше по сравнению с оптимальной функцией стимулирования для одноканальной активной системы [6, 7]. Это показано в работах [4, 5], где рассмотрены конкретные примеры применения двухканальных механизмов и для каждого из них показано, что двухканальные системы являются более эффективными по сравнению с одноканальными активными системами, работающими в условиях неопределенности.

Библиографический список

1. Новиков, Д.А. Теория управления организационными системами / Д.А. Новиков. – Москва, 2012. – 604 с.
2. Новиков, Д.А. Прикладные модели информационного управления/ Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили. – Москва, 2004. – 129 с.
3. Бурков, В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – Москва: СИНТЕГ, 1999. – 126 с.
4. Киселева, Т.В. Многовариантные активные системы: монография / Т.В. Киселева, В.Н. Бурков. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2000. – 356 с.
5. Киселева, Т.В. Теория и практика организационно-экономических механизмов: учебное пособие. – Новокузнецк: изд. центр СибГИУ, 2011. – 123 с.
6. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков: учебник. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – С. 261.
7. Еналеев, А.К. Практика многоканальной организации АСУ / А.К. Енаеев, Т.В. Киселева. // Труды Юбилейной Международной научно-практической конференции по теории активных систем. – Москва, 1999. – С. 107-108.

ТРАНСФОРМАЦИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО (ФИНАНСОВОГО) УЧЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Шульга Е.В.¹, Шульга В.И.²

¹*Омский государственный педагогический университет,
г. Омск, Россия*

²*Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Исторически бухгалтерский учет существует со времени осознания человеком необходимости каким-то образом учитывать свое имущество. Разница в названии (бухгалтерский и (или) финансовый) обуславливается тем, что в зарубежных компаниях он называется финансовым, а в отечественных – бухгалтерским, а так как сейчас происходит сближение и постепенный переход на международные стандарты финансовой отчетности (МСФО), то временно используются оба варианта. Целью современного бухгалтерского (финансового) учета является работа с учетной информацией, которую впоследствии предоставляют либо собственным, либо сторонним пользователям. Эта информация должна объективно отражать состояние дел на предприятии с тем, чтобы ее можно было использовать для анализа, контроля и планирования. Ключевым пунктом является то, что учет ведется в денежных или

натуральных единицах, т.е. количественно и отражает основные экономические показатели финансовой деятельности предприятия.

Однако, примерно с конца 90-х – начала 2000-х годов стали стремительно развиваться идеи так называемого устойчивого (ответственного) инвестирования, которые предлагали учитывать не только экономические, но и экологические, социальные, управленческие и другие показатели. Появился термин «нефинансовая отчетность», публикуя которую предприятия извещали бы стейкхолдеров, т.е. всех заинтересованных лиц, о своем вкладе в защиту окружающей среды, социальное развитие города или региона и т.п., тем самым улучшая свою репутацию не только как экономически стабильной, но и социально ответственной единицы. Нефинансовую отчетность, очевидно, было необходимо каким-то образом соотносить с имеющейся бухгалтерской (финансовой) отчетностью. Этим в 2010 году занялся международный комитет по интегрированной отчетности (International Integrated Reporting Committee, IIRC) и в декабре 2013 года была выпущена первая версия стандарта интегрированной отчетности, в котором отражены ведущие принципы и элементы содержания, по которым должен составляться интегрированный отчет [1].

Нефинансовая отчетность предполагает учет нефинансовых показателей и как следствие неколичественные характеристики. На первый взгляд, возникает проблема: как их учитывать? В условиях стремительного развития цифровой экономики, если результат деятельности предприятия оценивать «было плохо» → «стало хорошо» → «потом стало еще лучше», то это будет субъективным оценочным мнением одного человека или группы людей. Машинной обработке такие оценки не поддаются или, если сделать поправку на искусственный интеллект, поддаются плохо. Для подобной системы оценивания требуются конкретные критерии, которые позволяют анализировать происходящие на предприятии процессы в динамике. Рассмотрим некоторые показатели, которые предлагается отражать в нефинансовой отчетности. В качестве экологических параметров, можно рассмотреть, предлагаемые О.В. Ефимовой, показатели информации о природном капитале. К ним, в частности, автор относит такие как: «объем потребления ресурсов с его расшифровкой; водоотведение и водопотребление. Объем забора и потребления воды» и некоторые другие [2]. Для анализа социального капитала она предлагает использовать: «состав и структуру клиентов; состав и структуру поставщиков; долю крупных клиентов» [2] и др. Состав, структура и доля - это количественные, т.е. числовые показатели. Так как составление нефинансовой или интегрированной отчетности для предприятий пока является делом добровольным (по данным Российского союза промышленников и предпринимателей на 11 апреля 2019 года в национальный регистр нефинансовых отчетов внесено 176 компаний [3]), нет единых форм отчетности, отсутствует законодательно закрепленная система показателей, поэтому предприятия составляют их на свое усмотрение. Например, в состав отчета группы Газпром о деятельности в области устойчивого развития за 2017 год [4] в разделе «Производство: вклад Газпрома в развитие страны» включены показатели «производство электроэнергии, млрд. кВт*ч» и «производство тепла, млн. Гкал», в разделе «Люди: жизнь и работа на достойном уровне» показателями результатов работы по профилактике пожаров являются: «количество пожарно-технических обследований ПТК» или «количество практических тренировок по обеспечению безопасной эвакуации работников в случае пожара» т.е. также числовые, количественные характеристики. Если нефинансовые показатели будут учитываться подобным образом, то они легко интегрируются с финансовой отчетностью и могут быть подвергнуты машинной обработке. В таком случае проблема будет решена.

Интегрированную отчетность можно рассматривать как базис развития цифровой экономики, которую понимают как комплексную систему экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий. То есть это именно те совокупные показатели, которые составляют финансовую и нефинансовую отчетность. Развитие и внедрение цифровой экономики на внутреннем и международном рынках несет с собой новые угрозы и риски, требует новых мер защиты. Одной из таких мер можно считать импортозамещение программного обеспечения (ПО) в государственном секторе. Согласно постановлению Правительства «Об уста-

новлении запрета на допуск иностранного программного обеспечения при закупках для государственных и муниципальных нужд» [5] опубликованного 20 ноября 2015 года государственные и муниципальные предприятия для своих нужд должны приобретать программное обеспечение из реестра российского ПО. Здесь возникает вторая проблема, пока более узкая, так как на данный момент затрагивает только государственный сектор: как будет работать автоматизированный учет на новом ПО? Большинство программного обеспечения для организаций (Oracle, SAP, Парус, Галактика, 1С: Предприятие и др.) было создано под одну из самых популярных операционных систем Windows компании Microsoft. Как быстро смогут разработчики обеспечить переход на новые операционные системы и обеспечить их совместимость, для того чтобы автоматический перенос содержимого имеющихся баз произошел корректно?

По окончании срока действия лицензий на программное обеспечение иностранного производства некоторые из государственных образовательных учреждений, как среднего, так и высшего звена в качестве операционной системы выбрали Linux. Она устанавливается и для сопровождения учебного процесса, и для нужд административного аппарата, бухгалтерии и других служб. Фирма «1С» кроме разработок программных продуктов по автоматизации деятельности предприятий, занимается также разработками образовательных программ. Как следствие, дошкольные общеобразовательные организации, общеобразовательные организации и ВУЗы в большинстве своем обеспечены программными продуктами именно этой фирмы. К 2018 году, когда Правительством РФ был запланирован старт перехода государственных компаний на отечественное программное обеспечение, фирма «1С» выполнила разработку своих продуктов под операционные системы Microsoft Windows, Linux, Android, Mac OS X и iOS. Вторая проблема, для пользователей разработок «1С» также была решена.

Таким образом, можно сделать вывод, что трансформация бухгалтерского (финансового) учета и нефинансовой отчетности в интегрированную отчетность на основе автоматизированных систем, в частности системы 1С: Предприятие, должна пройти безболезненно и соответствовать международным стандартам, что подтверждают приведенные выше факты. Как известно, если для обработки информации может быть построен алгоритм и она «оцифрована», то компьютер справится с поставленной задачей. Однако корпоративные нефинансовые отчеты состоят не только из количественных показателей. Это многостраничные сообщения о деятельности компаний в области социальной и экономической политики предприятия, в области устойчивого развития или отраслевые отчеты. Они содержат большое количество иллюстраций, абстрактных описаний фактов той или иной деятельности, влияние которых можно оценить только субъективно и, следовательно, невозможно проследить в динамике. Например, в вышеупомянутом отчете группы Газпром [4] в разделе «Люди: жизнь и работа на достойном уровне» в показателе «Социальная политика» сказано: «Группа Газпром заботится о благосостоянии и социальной защищенности своих работников и членов их семей. Основой реализации социальной политики Газпрома являются долгосрочные социальные программы. Приоритетными направлениями социальной политики Группы являются выплаты социального характера, жилищное обеспечение работников, медицинское обеспечение работников, негосударственное пенсионное обеспечение» [4, С.162], но ни о какой конкретике далее речь не идет. О.В. Ефимова к показателям социального капитала относит «участие в международных мероприятиях», про которое можно сказать «участвовали» - «не участвовали», но оценить влияние на деятельность фирмы проблематично или «обеспечение социального согласия на территории присутствия» [2], которое в принципе невозможно оценить даже субъективно. Если целевой аудиторией таких отчетов считать не специалистов в области экономики, то они имеют место быть. Однако идеи устойчивого развития, в первую очередь, связывают с основной функцией бизнеса – с устойчивым извлечением прибыли, стабильностью и эффективностью во всех областях деятельности: экономических, социальных, экологических и прочих. Следовательно, такие показатели необходимо подвергать анализу, сравнению и обобщению.

Очевидно, что вопрос об обязательном составлении интегрированной отчетности является важным, но пока остается дискуссионным и требует дальнейшей проработки. Вопрос технологической и технической поддержки с целью функционирования в условиях цифровой

экономики своевременно решается отечественными фирмами – разработчиками автоматизированных систем.

Библиографический список

1. Международный стандарт интегрированной отчетности (ИО) URL: https://integratedreporting.org/wp-content/uploads/2015/03/13-12-08-THE-INTERNATIONAL-IR-FRAMEWORK.docx_en-US_ru-RU.pdf.

2. Ефимова О.В. Матричный подход к формированию и раскрытию информации о ресурсах в интегрированной отчетности организации /О.В. Ефимова// Аудиторские ведомости. 2017. N 3. С. 23 - 34.

3. Российский союз промышленников и предпринимателей. Национальный регистр и Библиотека корпоративных нефинансовых отчетов. URL: <http://www.rspp.ru/simplepage/natsionalnyu-registr-i-biblioteka-korporativnykh-nefinansovykh-otchetov/>.

4. Отчет группы Газпром о деятельности в области устойчивого развития 2017. URL: <http://www.rspp.ru/document/1/c/d/cd217a739636f56b25c6a28a3227f39c.pdf>.

5. Постановление Правительства РФ от 16 ноября 2015 года № 1236 «Об установлении запрета на допуск иностранного программного обеспечения при закупках для государственных и муниципальных нужд». URL: <http://government.ru/docs/20650/>.

МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕРВИСНЫХ УЛУЧШЕНИЙ

Зимин А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Введение. В структуру жизненного цикла ИТ-сервиса, предложенную в ITIL-3, входит стадия непрерывных улучшений, рисунок 1 [1]. Ее назначение состоит в совершенствовании (по эффективности и по затратам) ИТ-процессов основных стадий (стратегии, проектирования, внедрения и эксплуатации), которые реализуют функции производства и поддержки применения сервисов пользователями.



Рисунок 1 – Жизненный цикл сервиса

Инициаторами проектов по улучшению выступает как персонал стадии, которому эта функция вменена в обязанность, так и специалисты основных стадий.. Каждое предложение по улучшению проходит несколько этапов обработки (фильтров). В частности, производится оценка изменений показателей эффективности улучшаемых ИТ-процессов, степень влияния этих улучшений на изменение показателей эффективности процессов, которые связаны с улучшаемым процессом. Оцениваются изменения операционных затрат (затрат на функцио-

нирование улучшаемого ИТ-процесса) и связанных с ним процессов. Заметим, что далеко не каждый проект изменяет операционные затраты. В конечном итоге принимается решение по реализации или отклонению проектного предложения. Все принятые предложения попадают в портфель проектов сервисных улучшений. С учетом выделенных инвестиций на очередной плановый период, служба сервисных улучшений планирует реализацию наиболее эффективных проектов (формирует текущий план сервисных улучшений)

Формализация задачи формирования плана сервисных улучшений. Пусть $P = \{p_i | i = \overline{1, m}\}$ и $\{z(p_i), i = \overline{1, m}\}$ - множества, соответственно, проектов, инициированных персоналом различных стадий жизненного цикла ИТ-сервиса, и затрат, необходимых для реализации этих проектов.

Эффективность $q_i = q(p_i)$ отдельного проекта p_i , с точки зрения его вклада в эффективность жизненного цикла в целом, определяется значениями $\Delta\mu_{kl}^n(p_i)$ изменений показателей эффективности процессов стадий, которые планируется достичь в результате реализации проекта. Здесь $n = \overline{1, N_{kl}}, l = \overline{1, L_k}, k = \overline{1, K}$, где N_{kl} - количество показателей, эффективности, описывающих процесс l стадии k , L_k - количество процессов на k -ой стадии, K - количество

стадий жизненного цикла. Задав весовые коэффициенты $\alpha_{kl}^n(p_i), \sum_{n=1}^{N_{kl}} \alpha_{kl}^n = 1$, для показателей

эффективности ИТ-процессов всех стадий, весовые коэффициенты $\beta_{kl}(p_i), \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{kl} = 1$ значимо-

сти ИТ-процессов для каждой стадии, весовые коэффициенты $\gamma_k(p_i), \sum_{k=1}^K \gamma_k(p_i) = 1$ значимости

стадий для жизненного цикла и проведя преобразование шкал измерения локальных показателей $\mu_{kl}^n(p_i)$ к единой дискретной балльной шкале заданного ранга R , определим эффективность $q_i = q(p_i)$ отдельного проекта p_i для жизненного цикла следующим образом [2]:

$$q(p_i) = \sum_{k=1}^K \gamma_k(p_i) \sum_{l=1}^{L_k} \beta_{kl}(p_i) \sum_{n=1}^{N_{kl}} \alpha_{kl}^n(p_i) \Delta\mu_{kl}^n(p_i). \quad (1)$$

Обозначим через Δz_{ikl} изменение операционных затрат на функционирование процесса l стадии k , связанные с реализацией проекта p_i . Тогда общее изменение Δz_i эксплуатационных затрат, связанное с реализацией i -го проекта будет

$$\Delta z_i = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^{L_k} \Delta z_{ikl} \quad (2)$$

Пусть $\Delta z^* > 0$ - изменение операционного бюджета, которое допустимо для поставщика ИТ-услуг в очередном плановом периоде. Пусть также z^* - инвестиции, которые могут быть направлены на реализацию оптимизационных проектов в этом периоде.

Для формализации рассматриваемой задачи введем переменную

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если проект включен в портфель реализуемых} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases} \quad (3)$$

Линейные модели задачи формирования плана сервисных улучшений. Простейшей моделью исследуемой задачи является следующая (линейная модель 1):

$$q(x) = \sum_{i=1}^m q(p_i) x_i \rightarrow \max \quad (4)$$

$$z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i)x_i \leq z^* . \quad (5)$$

Она не учитывают изменения в операционных затратах. Задача состоит в определении таких $x_i, i = \overline{1, m}$, которые доставляет максимум критерию (4) и при этом удовлетворяет ограничению (5) на общий объем инвестиций. Задача относится к классу задач о ранце и эффективно решается методом дихотомического программирования [3,4,5].

Другой моделью рассматриваемой задачи, в большей степени отражающей реалии, будет следующая (линейная модель 2):

$$q(x) = \sum_{i=1}^m q(p_i)x_i \rightarrow \max \quad (6)$$

$$z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i)x_i \leq z^* \quad (7)$$

$$\Delta z(x) = \sum_{i=1}^m \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* . \quad (8)$$

Задача состоит в определении $x_i, i = \overline{1, m}$, доставляющих максимум критерию (6) но при этом удовлетворяющих ограничениям (7) и (8), соответственно, на общий объем инвестиций и на допустимое изменение операционного бюджета в планируемом периоде. Наличие двух ограничений не позволяет непосредственно применить метод дихотомического программирования для решения задачи (6) – (8). Чтобы это стало возможным, осуществим разбиение множества $P = \{p_i | i = \overline{1, m}\}$ проектов на два подмножества:

$$\{p_i | i = \overline{1, m}\} = \{p_i | i = \overline{1, m^o}\} \cup \{p_i | i = \overline{1, m^e}\}, m = m^o + m^e, \quad (9)$$

где m^o и m^e – количество проектов, соответственно, изменяющих и не изменяющих операционные расходы процессов.

Тогда решение задачи (6) – (8) можно свести к последовательному решению трех следующих задач:

1. Построение зависимости $\{q^o(x), \Delta z^o(x)\}$ эффективности и изменения операционных расходов для подмножества $\{p_i | i = \overline{1, m^o}\}$. Для этого требуется решить задачу:

$$q^o(x) = \sum_{i=1}^{m^o} q(p_i)x_i \rightarrow \max \quad (10)$$

$$\Delta z^o(x) = \sum_{i=1}^{m^o} \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* . \quad (11)$$

Задача (10) – (11) – типовая задача о ранце. Пусть $\{x^o\} = \{(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)\}$ - множество решений задачи (10) – (11), а $\{(q^o(x^o), \Delta z^o(x^o))\}$ - множество соответствующих пар значений критерия (10) и ограничения (11).

2. Построение зависимости $\{q^e(x), z^e(x)\}$ эффективности и изменения инвестиционных расходов для подмножества проектов, которые не изменяют операционные расходы. Для этого нужно решить задачу:

$$q^e(x) = \sum_{i=1}^{m^e} q(p_i)x_i \rightarrow \max \quad (12)$$

$$z^e(x) = \sum_{i=1}^{m^e} z(p_i)x_i \leq z^* . \quad (13)$$

Это так же типовая задача о ранце. Пусть $\{x''\} = \{(x_6 x_7 x_8 x_9)\}$ - множество решений задачи (12) – (13), а $\{(q''(x''), z''(x''))\}$ - множества соответствующих пар значений критерия (12) и ограничения (13).

3. Формирование множества $\{x\} = \{(x_1 x_2 x_3 \dots x_8 x_9)\}$, как произведения множеств $\{x^o\} = \{(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5)\}$ и $\{x''\} = \{(x_6 x_7 x_8 x_9)\}$ решений, соответственно, задач (10) – (11) и (12) – (13):

$$\{x\} = \{x^o\} \times \{x''\}. \quad (14)$$

4. Поиск на множестве (14) оптимального решения задачи:

$$q(x) = (q^o(x^o) + q''(x'')) \rightarrow \max \quad (15)$$

$$z(x) = z^o(x^o) + z''(x'') \leq z_{\max}^* \quad (16)$$

Нелинейная модель задачи. Часто в качестве показателя эффективности проекта выбирают величину q/z (удельную эффективность), которая показывает какой эффект приходится на единицу затрат. Учитывая это обстоятельство, формализуем рассматриваемую задачу в виде следующей нелинейной модели:

$$q(x) = \sum_{i=1}^m q(p_i) x_i \left(\sum_{i=1}^m (z(p_i) + \Delta z_i) x_i \right)^{-1} \rightarrow \max \quad (17)$$

$$z_{\min}^* \leq z(x) = \sum_{i=1}^m z(p_i) x_i \leq z_{\max}^* \quad (18)$$

$$\Delta z(x) = \sum_{i=1}^m \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* \quad (19)$$

Введение левой части ограничения (18) необходимо, так как при ее отсутствии критерий (17) может выбрать в качестве оптимального решение с недопустимо малым использованием инвестиционного бюджета.

Решение задачи (17) – (18), по аналогии со способом решения линейной задачи (6) – (8), осуществим на основе декомпозиции на три подзадачи:

1. Построение зависимости $\{q^o(x), \Delta z^o(x)\}$ удельной эффективности и изменения операционных расходов для подмножества $\{p_i \mid i = \overline{1, m^o}\}$. Для этого требуется решить задачу:

$$q^o(x^o) = \sum_{i=1}^{m^o} q(p_i) x_i \left(\sum_{i=1}^{m^o} (z(p_i) + \Delta z_i) x_i \right)^{-1} \rightarrow \max \quad (20)$$

$$\Delta z^o(x^o) = \sum_{i=1}^{m^o} \Delta z_i x_i \leq \Delta z^* \quad (21)$$

Пусть $\{x^o\} = \{(x_1 x_2 x_3 x_4 x_5)\}$ - множество решений задачи (20) – (21), а $\{(q^o(x^o), \Delta z^o(x^o))\}$ - множество соответствующих пар значений критерия (20) и ограничения (21).

2. Построение зависимости $\{q''(x), z''(x)\}$ удельной эффективности и изменения инвестиционных расходов для подмножества проектов, которые не изменяют операционные расходы. Для этого нужно решить задачу:

$$q''(x'') = \sum_{i=1}^{m''} q(p_i) x_i \left(\sum_{i=1}^{m''} (z(p_i) + \Delta z_i) x_i \right)^{-1} \rightarrow \max \quad (22)$$

$$z''(x'') = \sum_{i=1}^{m''} z(p_i) x_i \leq z^* \quad (23)$$

Пусть $\{x''\} = \{(x_6 x_7 x_8 x_9)\}$ - множество решений задачи (22) – (23), а $\{(q''(x''), z''(x''))\}$ - множества соответствующих пар значений критерия (22) и ограничения (23).

3. Формирование множества $\{x\} = \{(x_1x_2x_3\dots x_8x_9)\}$, как произведения множеств $\{x^o\} = \{(x_1x_2x_3x_4x_5)\}$ и $\{x^n\} = \{(x_6x_7x_8x_9)\}$ решений, соответственно, задач (20) –(21) и (22) – (23):

$$\{x\} = \{x^o\}x\{x^n\}. \quad (24)$$

4. Поиск на множестве (24) оптимального решения задачи:

$$q(x) = (q^o(x^o) + q^n(x^n))(z^o(x^o) + \Delta z^o(x^o) + z^n(x^n))^{-1} \rightarrow \max \quad (25)$$

$$z_{\min}^* \leq z(x) = z^o(x^o) + z^n(x^n) \leq z_{\max}^* \quad (26)$$

Пример решения линейных и нелинейной задачи.

В таблицах 1 и 2 приведены, соответственно, исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов жизненного цикла ИТ-сервиса и исходные данные об инвестиционных проектах. Используем эти данные для иллюстрации процедур решения линейных задач (4) – (5) и (6) –(8) и нелинейной задачи (17) –(19).

Таблица 1а – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 1

$\gamma_1 = 0,4$								
β_{11}	$\beta_{11} = 0,4$			$\beta_{12} = 0,3$		$\beta_{13} = 0,3$		
α_{11}^n	0,5	0,2	0,3	0,6	0,4	0,4	0,5	0,1

Таблица 1б – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 2

$\gamma_2 = 0,3$						
β_{21}	$\beta_{21} = 0,4$			$\beta_{22} = 0,6$		
α_{21}^n	0,8	0,20	0,2	0,5	0,3	

Таблица 1в – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 3

$\gamma_3 = 0,2$								
β_{31}	$\beta_{31} = 0,3$			$\beta_{32} = 0,5$		$\beta_{33} = 0,2$		
α_{31}^n	0,6	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	0,1	

Таблица 1г – Исходные данные о значениях параметров ИТ-процессов стадии 4

$\gamma_4 = 0,1$								
β_{41}	$\beta_{41} = 0,4$			$\beta_{42} = 0,2$		$\beta_{43} = 0,4$		
α_{41}^n	0,2	0,5	0,3	0,7	0,3	0,2	0,8	

Таблица 2 – Исходные данные о портфеле проектов сервисных улучшений

P_i	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9
$q(p_i)$	0,592	0,384	0,420	0,212	0,15	0,576	0,816	1,374	1,334
$\Delta z(p_i)$	5	2	-1	3	-2	0	0	0	0
$z(p_i)$	14	16	19	9	8	10	13	21	7

Согласно исходным данным первые пять проектов изменяют операционные затраты на функционирование ИТ-процессов, а последние четыре – не изменяют ($m^o = 5, m^n = 4$). Положим $z_{\max}^* = 90, \Delta z^* = 5$.

Результаты решения линейной задачи 1

Решив задачу (4) –(5) методом дихотомического программирования, получим следующие три лучших результата, таблица 3.

Таблица 3 – Оптимальные решения задачи (4) –(5)

$x = x_1x_2x_3\dots x_8x_9$	1 1 0 1 0 1 1 1 1	1 1 0 0 1 1 1 1 1	1 0 1 0 0 1 1 1 1
$q(x)$	5,288	5,226	5,112
$z(x)$	90	89	84

Результаты решения линейной задачи 2.

Решив, в соответствии с предложенной схемой декомпозиции, последовательно задачи (10) –(11), (12) –(13) и (15) – (16) получим следующие три лучших результата, таблица 4.

Таблица 4 – Оптимальные решения задачи (6) –(8)

$x = x_1x_2x_3\dots x_8x_9$	1 0 1 0 0 1 1 1 1	0 1 1 0 0 1 1 1 1	0 1 0 1 1 1 1 1 1
$q(x)$	5,112	4,904	4,846
$\Delta z(x)$	4	1	3
$z(x)$	84	86	84

Результаты решения нелинейной задачи.

Положим $z_{\min}^* = 80$. Решив, в соответствие с предложенной выше схемой декомпозиции, задачу (20) –(21) для первых пяти проектов ($m^o = 5$), получим следующие результаты, таблица 5.

Таблица 5 - Зависимость $\{q^o(x), \Delta z^o(x)\}$ удельной эффективности и изменения операционных расходов

$x_1x_2x_3x_4x_5$	1010 1	1010 0	1000 1	1000 0	0111 1	0111 0	0110 1	0110 0	0101 1	0101 0	0100 1	0100 0
q^o	0,027	0,027	0,030	0,031	0,022	0,021	0,023	0,022	0,021	0,020	0,022	0,021
Δz^o	2	4	3	5	2	4	-1	1	3	5	0	2

Решив задачу (22) –(23) для последующих четырех проектов ($m^n = 4$), получим результаты, приведенные в таблице 6.

Таблица 6 - Зависимость $\{q^n(x), z^n(x)\}$ удельной эффективности и изменения инвестиционных расходов

$x_6x_7x_8x_9$	1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100
q^n	0,080	0,063	0,091	0,061	0,086	0,063	0,112	0,058	0,086	0,064	0,108	0,063
z^n	51	44	30	23	38	31	17	10	41	34	20	13

Формируем множество (24) и определяем на этом множестве оптимальные решения задачи (25) - (26), таблица 7.

Таблица 7 – Оптимальные решения задачи (25) - (26)

$x_1x_2x_3x_4x_5 \ x_6x_7x_8x_9$	1 0 1 0 0 1 1 1 1	0 1 0 1 1 1 1 1 1	0 1 1 0 0 1 1 1 1	1 0 1 0 1 0 1 1 1
q	0,058	0,056	0,056	0,056
z	84	84	86	82
Δz	4	3	1	2

Все четыре решения незначительно отличаются по значениям q и z . Выбор лучшего из них следует предоставить ЛПР. Заметим, что при заданных исходных данных лучшее решение

(1 0 1 0 0 1 1 1 1) нелинейной задачи (17) – (19) совпадает с лучшим решением второй линейной задачи (6) –(8) и является третьим по эффективности для первой линейной задачи (4) –(5).

Примечание. Снятие ограничения на z_{\min}^* для $z(x)$, приведет к выбору в качестве оптимального решения, приведенного таблиц 8.

Таблица 8 – Оптимальное решение задачи (25) - (26) при отсутствии ограничения z_{\min}^*

$x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 \quad x_6 x_7 x_8 x_9$	1 0 0 0 0 1 0 0 1
q	0,070
z	31
Δz	5

Это решение, несмотря существенно лучшие значения критерия, неприемлемо, так как использует только 30 % инвестиционного бюджета.

Библиографический список

1. Зимин В. В. Основы управления жизненным циклом сервисов систем информатики и автоматизации (лучшие практики ИТIL) [Текст] : учеб. пособие / В. В. Зимин, А. А. Ивушкин, С. М. Кулаков, К. А. Ивушкин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2013. – 500 с.
2. Бурков В.Н. / Механизмы повышения безопасности дорожного движения: Монография // В.Н. Бурков, В.Д. Кондратьев, А.В. Щепкин.- М.: Книжный дом ЛИБРИКОМ.- 2012. - 208 с.
3. Буркова И. В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.13.10 / И. В. Буркова. – Москва, ИПУ, 2012. – 181 с.
4. Зимин В.В., Кулаков С.М., Зимин А.В. / Применение сетевого программирования для распределения ресурсов на оптимизацию ИТ-процессов // Системы автоматизации в образовании науке и производстве: Труды X Всероссийской научно-практической конференции. 17-19 декабря 2015 г. Новокузнецк: СибГИУ, 2015, с.228-233.
5. Д.А. Новиков и др. / Механизмы управления: учебное пособие под редакцией Д.А. Новикова // -М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.

ОБ ИГРОВОМ ПОДХОДЕ К ПОВЫШЕНИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИТ-СЕРВИСОВ

Зимин А.В., Сергеева Д.М., Зимин В.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Введение

Оптимизационный подход к решению задач опирается на положение, которое утверждает, что лица, интересы которых затрагивает решаемая задача (в нашем случае это центр, распоряжающийся средствами на обучение и руководители бизнес-процессов, которых далее будем называть агентами), достигли соглашения о полном совпадении интересов. Совпадение, в конечном счете, выражается в единой для всех участников математической постановке задачи (то есть в принятии: единой для всех целевой функции, ограничений задачи и в принятии всеми участниками результатов решения задачи). В общем случае предположение о совпадении интересов неверно. Когда совпадения предпочтений невозможно достичь, решаемую задачу следует рассматривать как теоретико-игровую, в которой центр и каждый агент преследует собственные несовпадающие, но и не противоположные цели. При игровой постановке задачи понятие оптимального решения теряет смысл.

Концепции решения игры, в соответствии с [1 - 3], включает, в частности, определение аксиом о рациональном поведении игроков, построение механизма нахождения решения игры, разработку алгоритма вычисления решения. При этом решение игры является результатом некоторого компромисса, устраивающего всех игроков.

Рассмотрим две теоретико-игровые постановки и соответствующие механизмы определения решения игры для задачи формирования программ обучения пользователей ИТ-сервисов [4 – 8].

Игровая модель 1. Будем считать, что интересам агентов (руководителей бизнес-процессов $j, j = \overline{1, m}$), обуславливающих рациональность их поведения, по-прежнему соответствуют рассмотренные в предыдущем разделе постановки задач (*аксиома 1*):

$$q_j = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji}^k x_{ji}^k \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$c_j = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji}^k x_{ji}^k \leq c_j^*, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} x_{ji}^k \geq k_j^*. \quad (3)$$

Интересы центра не противоречат интересам агентов (он также заинтересован в максимально эффективном использовании агентами выделенных им ресурсов), но его задача состоит в таком распределении бюджета c^* между агентами, которое обеспечивает «одинаковую» (в некотором смысле) степень подготовленности пользователей, реализующих различные бизнес-процессы.

Определим величины q_j^{\max} , c_j^{\max} и $q_j^{\text{уд}}$ следующим образом:

$$q_j^{\max} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} q_{ji}^k, \quad (4)$$

$$c_j^{\max} = \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji}^k, \quad (5)$$

$$q_j^{\text{уд}} = \frac{q_j^{\max}}{c_j^{\max}}. \quad (6)$$

Содержательно q_j^{\max} и c_j^{\max} описывают, соответственно, максимально возможный прирост компетенций пользователей j -го процесса и требующиеся для этого ресурсы (это случай, когда все пользователи проходят обучение по всем программам соответствующего процесса). Величины $q_j^{\text{уд}}, j = \overline{1, m}$, описывает «удельные» эффективности (эффективности, приходящиеся на единицу затрат) использования ресурсов агентами. Положим, что, с точки зрения центра, случай подготовки всех пользователей по всем программам отвечает «идеальному» распределению ресурсов, то есть такому, которое обеспечивает «равновеликую» степень подготовки пользователей, участвующих в реализации разных бизнес-процессов (*аксиома 2*). Тогда в качестве критерия задачи, решаемой центром, можно выбрать показатель

$$\Delta q^{\text{уд}} = \sum_{j=1}^m \left| q_j^{\text{уд}} - \frac{q_j(x_j)}{c_j(x_j)} \right|, \quad (7)$$

где $(q_j(x_j), c_j(x_j)), j = \overline{1, m}$, - показатели оптимальных решений соответствующих задач (1) –(3).

Теперь задачу центра можно формализовать следующим образом:

$$\Delta q^{yd} = \sum_{j=1}^m |q_j^{yd} - \frac{q_j(x_j)}{c_j(x_j)}|, \quad (8)$$

$$c_j^{\min} \leq \sum_{j=1}^m c_j(x_j) \leq c^*. \quad (9)$$

Она состоит в поиске таких значений $c_j^*, j = \overline{1, m}$, для которых суммарные затраты не превышают c^* и больше c_j^{\min} , а показатель Δq^{yd} принимает минимальное значение. Введение нижней границы c_j^{\min} для суммарных затрат необходимо для того, чтобы исключить выбор критерием (8) таких решений, которые существенно недоиспользуют бюджет, выделенный на повышение компетенций.

Механизм поиска решения игры 1. Решение игры 1 построим в соответствии со следующей итеративной процедурой:

1. Центр распределяет ресурсы в соответствии с правилом:

$$c_{1j}^* = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{k=1}^{k_j} c_{ji}} c^*. \quad (10)$$

Распределение (10) согласуется с аксиомой 2, так как ресурсы агентам выделяются пропорционально тем потребностям на обучение, которые необходимы для того, чтобы каждый пользователь прошел обучение по всем программам.

2. Каждый агент, в соответствие с аксиомой 1, решает задачу (1) – (3) (в том числе с использованием метода дихотомического программирования) исходя из выделенных ему ресурсов $c_{1j}^*, j = \overline{1, m}$. Пусть множества

$$\{ \{ \{ x_{ji}^k \mid i = \overline{1, n_j} \} \mid k = \overline{1, k_j} \}^{\theta} \mid \theta = \overline{1, \theta_j} \}, j = \overline{1, m}, \quad (11)$$

описывают рациональные стратегии, сформированные агентами (θ_j - количество стратегий у j -го агента).

3. Центр, опираясь на (11), решает задачу (8) – (9) (перебором вариантов или с использованием дихотомического программирования). Если значение критерия (8) для полученного оптимального решения его удовлетворяет, то итерационная процедура завершается. В противном случае центр увеличивает в (10) значение c^* (увеличивая тем самым множество допустимых решений для агентов), и организует новую итерацию (переход к пункту 1).

В рассмотренной модели каждый агент самостоятельно:

- определяет способ решения задачи (1) – (3);
- принимает решение о рациональных стратегиях (11);
- корректирует рациональные стратегии в пределах выделенного бюджета.

Игровая модель 2. Рассмотрим игровую модель исследуемой задачи, опирающуюся на результат решения задачи (1) – (3) [4, 6]. Пусть множество:

$$\{ \{ \{ x_{ji}^k \mid i = \overline{1, n_j} \} \mid k = \overline{1, k_j} \} \mid j = \overline{1, m} \}^{\theta}, \theta = \overline{1, \theta^b} \quad (12)$$

описывает совокупность лучших θ^b решений этой задачи, которые будем называть базовым множеством. Решения (12) эффективны по критерию $q = \sum_{j=1}^m q_j(x_j)$. Примем следующую аксиому 3 для исследуемой модели игры: игроки могут построить компромиссное решение, модифицируя базовые решений (12) или синтезируя новые решения на их основе. Заметим, что каждое из базовых решений имеет различную ценность для агентов, так, как каждый из них оценивает его по соответствующему фрагменту решения

$(q_j, c_j, \{\{x_{ji}^k \mid i = \overline{1, n_j}\} \mid k = \overline{1, k_j}\}), j = \overline{1, m}$. Центр же оценивает эффективность базовых решений

$$\text{в целом по критерию } \Delta q^{yd} = \sum_{j=1}^m |q_j^{yd} - \frac{q_j(x_j)}{c_j(x_j)}|.$$

Механизм поиска решения игры 2. Решение игры построим в соответствии со следующей процедурой:

1. Центр:

- решает исходную оптимизационную задачу (1) – (3), формируя множество (12) базовых решений;
- вычисляет для каждого базового решения значение критерия (8) и сообщает агентам перечень и свои оценки эффективности базовых решений.

2. Агенты:

- корректируют (если сочтут целесообразным) «свои» $\{\{x_{ji}^k \mid i = \overline{1, n_j}\} \mid k = \overline{1, k_j}\}$ фрагменты базовых решений, сохраняя неизменными затраты c_j для этих решений (такие корректировки могут изменить эффект от обучения);
- корректируют, вступая в коалиции с другими агентами, фрагменты базовых решений, сохраняя неизменными соответствующие суммарные коалиционные затраты (такие корректировки изменяют не только эффект от обучения, но и бюджеты агентов, вступивших в коалицию);
- корректируют, вступая в коалиции с другими агентами и центром, различные фрагменты отдельных базовых решений, вплоть до синтеза новых решений (посредством изменения базовых).
- выполняют оценку $q_{j\theta}^0, j = \overline{1, m}$, каждого решения (сформированного на основе базового или явившегося результатом синтеза).

3. Центр:

- обновляет значения критерия (8) для сформированных агентами решений;
- вычисляет (опираясь на собственные оценки и оценки агентов и используя механизм комплексного оценивания) значение показателя эффективности Q^0 для каждого базового решения

$$Q^0 = \alpha_{\text{ц}} \Delta q_{\theta}^{yd0} + \sum_{j=1}^m \alpha_j q_{j\theta}^0, \theta = \overline{1, \theta^b}. \quad (13)$$

Здесь $\alpha_{\text{ц}}$ и $\alpha_j, j = \overline{1, m}$, - весовые коэффициенты для оценок центра и агентов:

$$\alpha_{\text{ц}} + \sum_{j=1}^m \alpha_j = 1. \quad (14)$$

На основе оценок (13) центр определяет лучшее решение и объявляет его решением игры.

Пример. В качестве примера рассмотрим следующие базовые решения, полученные центром в ходе решения исходной задачи (1) – (3), таблица 1.

Таблица 1 - Базовые решения игровой модели 2

q	72	72	72	72	72	72
k	15	15	14	14	15	15
c	1100	1100	1100	1100	1100	1100
x1	<u>101110</u> <u>000100</u> <u>001110</u> <u>100100</u>	<u>101101</u> <u>000100</u> <u>001110</u> <u>100100</u>	<u>101110</u> <u>000100</u> <u>000110</u> <u>100100</u>	<u>101110</u> <u>000100</u> <u>000110</u> <u>100100</u>	<u>100110</u> <u>000100</u> <u>000110</u> <u>100100</u>	<u>100110</u> <u>000100</u> <u>000110</u> <u>000110</u> <u>100100</u>
x2	<u>1010</u> <u>0010</u> <u>0010</u> <u>10</u>	<u>1010</u> <u>0010</u> <u>0000</u> <u>10</u>	<u>1010</u> <u>0010</u> <u>0010</u> <u>10</u>	<u>1010</u> <u>0010</u> <u>0000</u> <u>10</u>	<u>1010</u> <u>0010</u> <u>0010</u> <u>10</u>	<u>1010</u> <u>0010</u> <u>0000</u> <u>10</u>
x3	<u>010100</u> <u>010000</u>	<u>010100</u> <u>010001</u>	<u>110100</u> <u>010000</u>	<u>110100</u> <u>010001</u>	<u>110100</u> <u>011000</u>	<u>110100</u> <u>011001</u>

Некоторые характеристики фрагментов базовых решений приведены в таблице 2.
Таблица 2 - Характеристики базовых решений

N	1	2	3	4	5	6
q	72	72	72	72	72	72
k	15	15	14	14	15	15
c	1100	1100	1100	1100	1100	1100
q ₁ ⁰	44	44	39	39	34	34
c ₁ ⁰	668	668	578	578	488	488
q ₂ ⁰	17	14	17	14	17	14
c ₂ ⁰	270	216	270	216	270	216
q ₃ ⁰	11	14	16	19	21	24
c ₃ ⁰	162	216	252	306	342	396

1. Вычисленные центром значения $\Delta q^{yd} = \sum_{j=1}^m |q_j^{yd} - \frac{q_j(x_j)}{c_j(x_j)}|$ и результаты перевода этих значений в 10-балльную шкалу измерения по формуле:

$$\Delta q_6^{yd0} = \frac{10(\Delta q_{max}^{yd} - \Delta q^{yd})}{\Delta q_{max}^{yd} - \Delta q_{min}^{yd}}, \quad (15)$$

где Δq_{max}^{yd} и Δq_{min}^{yd} - максимальное и минимальное значения Δq^{yd} на множестве базовых решений, приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Оценки Δq^{yd} и Δq_6^{yd0} , данные центром базовым решениям

N	1	2	3	4	5	6
Δq^{yd0}	0,0516	0,0504	0,0488	0,0492	0,0489	0,0500
Δq_6^{yd0}	0,00	4,41	10,00	8,39	9,61	5,85

Заметим, что по критерию $q = \sum_{j=1}^m q_j(x_j)$ все базовые решения одинаково хороши, а по критерию (8), которым руководствуется центр, они существенно разнятся. Этот критерий выделяет в качестве лучших решений третье, пятое и четвертое.

2. Пусть результатом автономной и коалиционной работы игроков по корректировке и синтезу решений, будет совокупность из 4 решений, таблица 4. Первые два и шестое базовое решение агентами исключены из рассмотрения, третье и четвертое откорректированы (в таблице 5 это первое и второе решение), пятое базовое решение осталось без изменений (в таблице это третье решение). Последнее (четвертое) решение, построено агентами самостоятельно.

Таблица 4 - Результаты работы агентов с базовыми решениями

N	1	2	3	4
q	72	72	72	71
k	14	14	15	12
c	1100	1100	1100	1100
x1	<u>101100010</u> <u>100000110</u> <u>100100</u>	<u>101110000</u> <u>100000110</u> <u>100100</u>	<u>100110000</u> <u>100000110</u> <u>100100</u>	<u>101110000</u> <u>100001110</u> <u>100100</u>
x2	<u>10100010</u> <u>001010</u>	<u>10100010</u> <u>000010</u>	<u>10100010</u> <u>001010</u>	<u>00100001</u> <u>000011</u>
x3	<u>11010001</u> <u>0000</u>	<u>10010101</u> <u>0001</u>	<u>11010001</u> <u>1000</u>	<u>10010000</u> <u>0000</u>

В таблице 5 приведены характеристики решений, предложенных агентами.

Таблица 5 - Характеристики решений, выработанных агентами

N	1	2	3	4
q	72	72	72	71
k	14	14	15	12
c	1100	1100	1100	1100
q_1^0	37	39	34	39
c_1^0	578	578	488	578
q_2^0	17	14	17	14
c_2^0	270	216	270	216
q_3^0	16	18	21	19
c_3^0	252	306	342	306

3. Оценки $q_{j\bar{6}}^0, j = \overline{1, m}$, (в 10-балльной шкале) решений, предложенные агентами и соответствующие оценки центра приведены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 - Оценки агентов выработанным решениям

N п/п	1	2	3	4
$q_{1\bar{6}}^0$	7	8	6	7
$q_{2\bar{6}}^0$	8	5	8	5
$q_{3\bar{6}}^0$	5	7	8	7

Таблица 7 - Оценки центра предложенным решениям агентов

Nп/п	1	2	3	4
$\Delta q_{уд}^{уд0}$	0,0453	0,0460	0,0489	0,0457
$\Delta q_{\bar{6}}^{уд0}$	7,30	6,00	0,00	6,50

4. Пусть $\alpha_{ц} = 0,40$ и $\alpha_j = 0,15, j = \overline{1, 3}$. На основе (13) центр с оценкой $Q^1 = 5,92$ объявляет решением игры первое из предложенных агентами решений.

Заключение. Применение игровых моделей в соответствии с принципом открытого управления, сформулированного Бурковым В.Н., предпочтительнее оптимизационных, так как они позволяют лучше отразить интересы тех, кто участвует в решении задачи [9]. В игровой модели игроки реализуют, учитывая свои предпочтения, некоторые фрагменты процедуры выработки компромиссного решения. При оптимизационном подходе участники, в лучшем случае, причастны к формированию общей для всех формальной модели задачи (выбору критерия и ограничений) и вынуждены согласиться как с процедурой формирования оптимального решения, так и с ее результатом (полученным решением).

Библиографический список

1. М.В. Губко, Д.А. Новиков / Теория игр в управлении организационными системами // М.: ИПУ РАН, 2005. - 138 с.
2. Ю.Б. Гермейер / Игры с противоположными интересами // М.: Наука 1979. - 328с.
3. Д.Ю. Максимов / Формирование оптимального маршрута больших групп интеллектуальных агентов // Управление большими системами: сборник трудов. 2019. № 78. С. 46-70.
4. А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Митьков, В.В.Зимин / Формирование программ обучения пользователей ERP-системы // Изв. вуз. Черная металлургия. 2018. Т. 61. № 10. С. 813 – 817.
5. А.В. Зимин, В.В.Зимин, В.В. Митьков / Разработка моделей и механизмов управления проектированием и внедрением ERP-системы предприятия: учебное пособие // Сиб. гос. индустр. ун-т – Новокузнецк : Изд. Центр СибГИУ, 2019. – 95 с.

6. А.В. Зимин, И.В. Буркова, В.В. Митьков, В.В.Зимин / Оргмеханизмы формирования программ обучения пользователей ИТ-сервисов // Системы управления и информационные технологии. 2019. №3(77) С. 63-66

7. В.Р. Кристалинский, С.Н. Черный / Решение задач динамического программирования в системе Wolfram mathematica // International journal of open information technologies. 2019. Т. 7. № 2. С. 42-48.

8. Я.Е. Львович, А.П. Преображенский, О.Н. Чопоров / Экспертно-оптимизационное моделирование в процессах перевозок // International journal of advanced studies. 2019. т. 9. № 2. С. 42-50.

9. Д.А. Новиков и др. / Механизмы управления: учебное пособие под редакцией Д.А. Новикова // -М.: ЛЕНАНД, 2011. – 192 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ERP-ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И СВОЙСТВ ИТ-СЕРВИСОВ

Золин И.А., Зимин В.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Критически важной при создании ERP-системы предприятия является первая очередь системы. Одновременное внедрение всех сервисов для всех бизнес-процессов предприятия, как правило, не представляется возможным или целесообразным по различным причинам: отсутствие достаточных ресурсов, трудности создания в короткие сроки необходимой технической инфраструктуры, большие риски радикальной перестройки действующей системы управления и др. Вследствие этого в функциональный объем 1-ой очереди проекта включаются ИТ-сервисы, обеспечивающие эффективное функционирование наиболее взаимосвязанных бизнес-процессов[1].

Для проведения сравнительного анализа планируется решить задачу формирования функционального объема четыре раза:

1. Решение задачи на основе данных о бизнес-процессах методом полного перебора;
2. Решение задачи на основе данных о сервисах методом полного перебора;
3. Решение задачи на основе данных о сервисах методом “затраты-эффект”;
4. Решение задачи на основе данных о сервисах методом динамического программирования.

В первую очередь решение задач будет выполнено методом полного перебора, потому что данный метод гарантирует 100% нахождение глобального оптимума, а также прост в использовании. Нахождение глобального оптимума необходимо, чтобы оценить влияние детализации задачи на качество полученного решения, при постоянных прочих условиях.

Далее предстоит проанализировать полученные решения, объединить решения задачи на основе данных о бизнес-процессах и задачи на основе данных о сервисах в график для векторной оптимизации.

Входными данными для задачи являются две таблицы, в которых указаны данные по количеству связей между бизнес-процессами и количество затрат на каждый бизнес-процесс.

Таблица 1 - Количество связей между бизнес-процессами

	r1p	r2p	r3p	r4p
r1p	50	5	7	3
r2p	4	30	11	9
r3p	8	10	15	6
r4p	4	8	2	12

Таблица 2 – Затраты на внедрение и функционирование бизнес-процесса

	z1	z2	z3	z4
Ед. затрат	23	18	14	10

Задача формирования проектных групп описывается соотношениями (1) – (2).

$$\sum_{j=1}^m z_j x_j \leq z^* \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^m x_j \sum_{p=1}^m r_{jp} x_{jp} \quad (2)$$

Содержательно задача формулируется следующим образом: найти $x_j, j = \overline{1, m}$, (определить такие бизнес-процессы), затраты на функционирование которых не больше величины z^* , общее количество связей между элементами сервисов максимально.

Количество связей для бизнес-процессов в таблице 1 является суммой связей их сервисов, соответственно задачу можно детализировать, рассмотрим подобные таблицы для сервисов. В таблице 3 жирной линией выделены квадраты, данные о сервисах в которых принадлежат одному и тому же бизнес-процессу. В таблице 4 приведены затраты на каждый сервис.

Таблица 3 – Количество связей между сервисами

		1 б/п						2 б/п					3 б/п				4 б/п		
		r _{1p}	r _{2p}	r _{3p}	r _{4p}	r _{5p}	r _{6p}	r _{7p}	r _{8p}	r _{9p}	r _{10p}	r _{11p}	r _{12p}	r _{13p}	r _{14p}	r _{15p}	r _{16p}	r _{17p}	r _{18p}
1 б/п	r _{1p}	4		1		1	1			2		1							
	r _{2p}	1	5		2								2		2				1
	r _{3p}	2	1	7		1	5							1			1		
	r _{4p}		3		2		2												
	r _{5p}			1		6		1		1		1							
	r _{6p}	1					4											1	
2 б/п	r _{7p}						4		1	1		1					3		
	r _{8p}	3						2	3		1			5	1				1
	r _{9p}				1			2		2	1			2				3	
	r _{10p}							2		1	8		1						
	r _{11p}								1			1			1			2	
3 б/п	r _{12p}	1				2		1		1		4	3		1		1	1	
	r _{13p}													1	1	2	1	1	
	r _{14p}			1				1	2				2	1	1				1
	r _{15p}	1					3				1			1	1	1	1		
4 б/п	r _{16p}			1		1	4										2		1
	r _{17p}													2			1	1	2
	r _{18p}	1			1						4						1	1	3

Таблица 4 – Затраты на внедрение и функционирование сервиса

	1 б/п						2 б/п					3 б/п				4 б/п		
	z ₁	z ₂	z ₃	z ₄	z ₅	z ₆	z ₇	z ₈	z ₉	z ₁₀	z ₁₁	z ₁₂	z ₁₃	z ₁₄	z ₁₅	z ₁₆	z ₁₇	z ₁₈
Ед. затрат	3	2	8	3	5	2	4	2	2	8	2	6	3	3	2	3	3	4

Для того чтобы в дальнейшем можно было сравнивать 4 способа решения задачи функционального объема ERP-проекта, было решено решать задачу каждым методом меняя ограничение с шагом в 5ед. начиная от 5. Параметры полученных решений: общее количество затрат, общее количество связей, время решения будут заноситься в таблицу.

Решение методом затраты-эффект

В основе данного метода лежит принцип присваивания каждому элементу эффективности на основе изначальных данных об этом элементе. В дальнейшем решение нелинейной задачи оптимизации формируется как набор элементов с наилучшими характеристиками.

Фактический эффект может быть меньше за счет дискретности мероприятий [2].

Главная проблема при применении данного метода для решения задачи формирования функционального объема ERP-проекта, заключается в том, при решении важно учитывать не только изначальные характеристики элементов, но и их взаимное влияние на друг друга. Именно поэтому данный метод необходимо модернизировать, добавив в начале метода проверку равномерности распределения характеристик элементов.

В качестве модернизации метода было предложено использовать формулу 3 для расчета $R(k)$:

$$R(k) = \frac{\sum_{i=1}^n r_{ik} + \sum_{j=1}^n r_{kj}}{z_k * \sum_{i=1}^n \frac{(r_{ik} - \bar{r}_k)^2}{n} * \sum_{j=1}^n \frac{(r_{kj} - \bar{r}_k)^2}{n}} \quad (3)$$

где $R(k)$ – эффективность k -го сервиса;

r_{ik} – количество связей i -го сервиса с k -ым сервисом;

r_{kj} – количество связей k -го сервиса с j -ым сервисом;

z_k – количество затрат на k -ый сервис;

n – количество сервисов для которых производится расчет.

После расчета эффективности каждого сервиса, алгоритм заключается в следующем:

Сначала сервисы сортируются по их эффективности от наивысшего до наименьшего, затем берется сервис с наивысшей эффективностью и если затраты на его внедрение не превышают ограничения по затратам, то сервис будет внедрен ограничения по затратам корректируются на количество затрат на внедрение этого сервиса. Далее берется следующий сервис (процедура повторяется). Если же затраты на его внедрение превышают ограничения, то сервис не будет внедрен, далее берется следующий сервис и снова проверяется удовлетворяет ли сервис ограничениям, такая процедура происходит до тех пор, пока ни один сервис не будет удовлетворять ограничениям.

Применим вышеописанный алгоритм, взяв за основу данные приведенные при решении детализированной задачи методом полного перебора, указанные в таблицах 3-4.

Применение метода не гарантирует глобального оптимума, но в целом дает неплохое решение, стоит отметить, что скорость работы алгоритма превышает скорость работы метода полного перебора. Выполнение алгоритма для 500 сервисов не превышает двух секунд.

Метод динамического программирования

Функции критерия и ограничения структурно-подобные (с-подобные), если существуют сетевые представления этих функций такие, что соответствующие сетевые структуры совпадают [3].

В методе динамического программирования структура сетевого представление – ветка дерева [3].

Структура задачи позволяет решить ее методом динамического программирования. Структура задачи, представленная на рисунке 1, является веткой дерева, а значит можно справедливо применять метод динамического программирования. Для получения решения необходимо последовательно решить оценочные задачи по следующему алгоритму:

1. Рассчитать затраты и количество связей для $2^2=4$ вариантов;
2. Оставить только парето-решения, удовлетворяющие ограничениям;
3. К полученным парето-решениям добавить новый сервис;
4. Рассчитать затраты и количество связей и затрат для 2 в степени количество затрат + 1 вариантов;
5. Оставить только парето-решения, удовлетворяющие ограничениям;
6. Пункты 3-5 повторяются пока не будут решены все оценочные задачи.

Главным плюсом метода является получение не только оптимального решения, но и парето-решений, лежащих в его окрестностях.

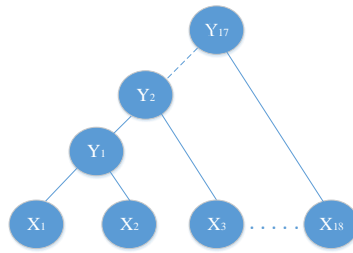


Рисунок 1 – Структура критерия и ограничения

После решения задачи была составлена сопоставительная таблица 5.

Таблица 5 – Сопоставительная таблица

№	Z*	Метод ПП с детализированным данными			Метод «затраты-эффект»			Метод динамического программирования			Метод ПП с не детализированными данными		
		Z	$\sum r$	t	Z	$\sum r$	t	Z	$\sum r$	t	Z	$\sum r$	t
1	65	65	184	9с	65	184	< 1с	65	184	< 1с	65	184	< 1с
2	60	60	170	8с	57	167	< 1с	57	167	< 1с	55	140	< 1с
3	55	54	156	7с	52	154	< 1с	54	155	< 1с	55	140	< 1с
4	50	49	145	6с	49	145	< 1с	50	141	< 1с	51	125	< 1с
5	45	44	134	6с	44	134	< 1с	44	126	< 1с	47	107	< 1с
6	40	38	117	5с	38	117	< 1с	40	115	< 1с	42	103	< 1с
7	35	35	106	5с	34	101	< 1с	35	103	< 1с	37	80	< 1с
8	30	30	86	5с	30	84	< 1с	29	85	< 1с	33	69	< 1с
9	25	25	71	5с	25	63	< 1с	25	70	< 1с	28	59	< 1с
10	20	20	55	5с	20	42	< 1с	19	53	< 1с	23	50	< 1с
11	15	14	38	4с	15	26	< 1с	14	38	< 1с	18	30	< 1с
12	10	10	25	4с	10	14	< 1с	10	25	< 1с	14	15	< 1с
13	5	5	12	4с	4	3	< 1с	5	12	< 1с	0	0	< 1с

Для более наглядного представления таблицы 5 был построен график представленный на рисунке 2.

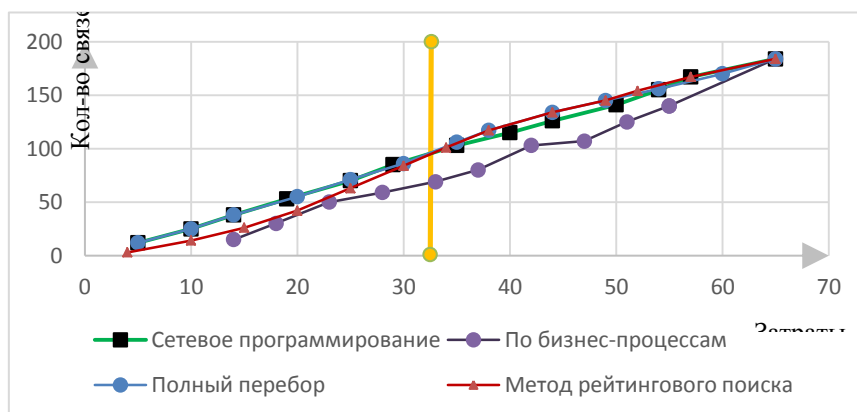


Рисунок 2 – Результат сравнительного анализа трех методов

По рисунку 2 видно, что по количеству связей на единицу затрат полученные решения детализированной задачи даже методами, не гарантирующими получения глобального оптимума, превышают решения недетализированной задачи решенной методом, гарантирующим нахождение глобального оптимума. Из этого можно сделать вывод, что решение детализированной задачи позволит принять более экономически выгодное решение.

На практике детализированная задача представляется на два порядка большим числом сервисов, поэтому несмотря на оптимизацию написанного кода, метод полного перебора позволяет решить поставленную задачу при условии количества сервисов менее 50. Так как на практике для решение данной задачи необходимо провести выбор между 500 и более сервисами, метод полного перебора применять не имеет смысла, также не имеет смысла применять методы лишь немного улучшающие метод полного перебора.

Из рисунка 2 видно, что метод «затраты-эффект» позволяет получить более хорошие решения чем метод динамического программирования при бюджете больше 50 % от бюджета необходимого для внедрения всех сервисов, но метод динамического программирования дает более хорошие решения чем метод «затраты-эффект» при бюджете меньше 50 % от бюджета необходимого для внедрения всех сервисов.

Библиографический список

1. Зимин В.В. Формирование функционального объема и рабочих групп ERP-проекта предприятия / В.В.Зимин, В.В. Митьков, А.В. Зимин // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия. - Том 60, Выпуск 12.- 2017. - С. 998-1004.
2. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
3. Бурков, В.Н., Буркова И.В. Метод сетевого программирования в задачах управления проектами: Управление большими системами, 2010, 30.1, 40–61.

ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ ИТ-СЕРВИСОВ ПО СТАДИЯМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Киселева Т.В., Маслова Е.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

В настоящее время вопрос обеспечения информационной безопасности является одним из наиболее острых. В результате повсеместного использования информационных технологий на предприятиях и в организациях различного уровня возникает вероятность порчи, потери, кражи информационных активов. Для снижения ущерба, который может возникнуть, применяются методы риск-менеджмента или управления рисками.

Одним из этапов успешного риск-менеджмента является идентификация рисков и последующая классификация по выбранным признакам. В первую очередь это необходимо для применения наиболее рациональных и оптимальных защитных мер. Но единого мнения в выделении признаков и принципов классификации до сих пор нет.

По мнению Батовой И.В. [1] важными для классификации рисков являются время их возникновения, факторы, влияющие на это, место, где они возникают, сфера, характер последствий, размер возможных потерь. В таблице 1 дан подробный обзор признаков предложенной Батовой И.В. классификации рисков.

В работе [2] предлагается классифицировать риски по двум принципам, внутри которых риски распределяются по группам по определенному признаку. Первая классификация называется предметной, так как риски классифицируются в этом случае по своему конкретному содержанию. В предметной классификации риски подразделяются на группы, далее следует дробление на виды, разновидности (таблица 2).

Таблица 1 – Классификация рисков

Признак	Виды рисков
Время возникновения	Ретроспективные, текущие, перспективные
Фактор возникновения	Политические, экономические
Место возникновения	Внешние, внутренние
Сфера возникновения	Предпринимательские, инвестиционные и т.д.
Род опасности	Техногенные, природные, смешанные
Уровень возникновения	Макро-, микро-, мезоуровень
Степень определенности	Известные, предсказуемые, непредсказуемые
Этап возникновения	Проектные, плановые, фактические
Степень обоснованности	Обоснованные, необоснованные
Размер возможных потерь	Допустимые, критические, катастрофические
Масштаб последствий	Глобальные, региональные, местные
Правовые условия возникновения	Риски, возникающие из обязательств, и возникающие по другим причинам

Таблица 2 – Предметная классификация рисков

Признак	Виды	Содержание
По характеру последствий	Чистые	Риски, которые в случае реализации не приводят к положительному результату
	Спекулятивные	В случае реализации рисков возможен положительный результат
По причине возникновения	Природно-естественные	Риски, которые могут реализоваться в результате действия природных процессов и явлений
	Экологические	Риски, зависящие от состояния экологии и наступления ответственности за нанесение ущерба окружающей среде
По причине возникновения	Политические	Риски, связанные с общественно-политической ситуацией в стране
	Социальные	Риски возникновения негативных общественных явлений
	Риски ответственности	Риски, связанные с наступлением гражданской ответственности за нанесение ущерба
	Транспортные	Риски, связанные с перевозкой грузов
	Информационные	Риски, связанные с применением информационных технологий
По сфере возникновения	Коммерческие	Производственно-технические, торговые, имущественные, юридические
	Финансовые	Инвестиционные, риски прямых потерь, риски, связанные с покупательской способностью
	Инновационные	Риски, возникающие в связи с неопределенностью в инновационной сфере

Такая классификация имеет недостатки. Во-первых, в этом случае практически невозможно выделить все потенциальные виды рисков. Кроме этого, при использовании данной классификации неизбежно дублирование, а также она не дает указаний, какими методами управления руководствоваться в первую очередь.

Вторым упомянутым принципом классификации рисков в работе – это разбиение рисков по источнику и этапу возникновения. Такая классификация зачастую используется при выборе стратегии управления рисками, поэтому называется управленческой, пример описанной классификации приведен в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Управленческая классификация рисков

Признак	Виды	Комментарий
По природе возникновения	Субъективные	Риски, связанные с личностью ЛПР, его уровнем образования, профессионализма, ошибками
	Объективные	Риски, связанные с изменением в законодательстве, природными катастрофами, иными внешними обстоятельствами
В зависимости от этапа коммерческой деятельности	На этапе принятия решения	Риски, связанные с ошибками и неточностью исходной информации
В зависимости от этапа коммерческой деятельности	На этапе реализации решения	Риски, обусловленные ошибками, допущенными в ходе реализации решения, или неожиданными изменениями
По масштабам	Локальные (проектные)	Риски отдельной организации или конкретного проекта
	Отраслевые	Специфические риски отрасли
	Региональные	Риски на уровне субъектов РФ
По масштабам	Национальные	Риски на уровне макроэкономики
По масштабам	Международные	Риски, связанные с международными отношениями, стихийными бедствиями мирового масштаба
По сфере возникновения	Внешние	Риски, связанные с воздействием внешней среды
	Внутренние	Риски, связанные со специализацией организации
По возможности страхования	Страхуемые	Риски поддаются количественному определению и принимаются страховыми компаниями
	Нестрахуемые	Риски, не поддающиеся оценке, не принимаемые вследствие этого страховыми организациями
По возможности диверсификации (типичности отрицательных последствий)	Систематические	Риски, свойственные этому виду деятельности, являющиеся регулярными, основаны на различных закономерностях
	Специфические	Риски, связанные с конкретной операцией, вызываемые редкими обстоятельствами
По степени допустимости	Минимальные	Риски, связанные с небольшим уровнем потерь (до 10% от прибыли)
	Повышенные	Риски, связанные с потерями, не превышающими 25% прибыли
	Критические	Риски, связанные с потерями от 50% до 75% прибыли
	Недопустимые	Риски, связанные с потерей 75 – 100% прибыли
По роду опасности	Техногенные	Риски, связанные с деятельностью человека
	Природные	Риски, вызванные стихийными бедствиями
	Смешанные	Риски, связанные с событиями природного характера, которые вызваны деятельностью человека
По возможности детализации	Простые	Риски, которые не поддаются разбиению на мелкие факторы
По возможности детализации	Комплексные	Риски, включающие группу рисков
По времени	Бессрочные	Риски, действующие постоянно
	Срочные	Риски, действующие ограниченное время или одномоментно

В работе [3] приводится классификация информационных рисков, которые входят, по мнению автора, в группу инвестиционных рисков. Информационные риски, в свою очередь, подразделяются на риски бизнес-планирования. Автор работы классифицирует эти риски по следующим признакам:

1. Функциональные риски, которые определяются той или иной частью ИС предприятия, то есть риски сбора, обработки, представления информации и т.д.;
2. Структурные риски характеризуются структурой предприятия, к ним относятся риски бухгалтерского или управленческого учета, планирования, контроля и т.д.;
3. Временные риски, определяющиеся тем или иным этапом жизненного цикла проекта, то есть риски разработки, согласования, реализации, эксплуатации;
4. Риски влияния, которые обуславливаются человеческим фактором и подразделяются на случайные и вынужденные.

На рисунке 1 эта классификация представлена наглядно.

Выше были рассмотрены общие классификации всех возможных рисков, которые приводятся в литературе, посвященной данному вопросу. В докладе рассмотрены информационные риски, которым подвергаются ИТ-сервисы. Исходя из вышеприведенной информации, а также анализа отчетных данных о произошедших ИТ-инцидентах крупного металлургического предприятия, была разработана классификация возможных рисков, разделенных по стадиям жизненного цикла ИТ-сервиса, которая приведена в таблице 4 [4, 5]. Предлагаемая классификация позволяет более точно указать причины и источники реализации рисков, следовательно, выбрать более рациональные защитные меры.

Также возможны классификации по другим признакам, например: по способу устранения, по виновнику, по месту возникновения, по степени влияния на работу предприятия, по степени сложности восстановления от воздействия, по угрозам, по последствиям.

Важно помнить, что правильная классификация рисков помогает избежать их двойного учета, а значит ненужных или непредвиденных затрат.



Рисунок 1 – Классификация информационных рисков

Таблица 4 – Классификация рисков по стадиям жизненного цикла ИТ-сервиса

Стадия	Название риска	Комментарий (причины)
Стратегия	Риск, связанный с неправильной оценкой востребованности сервиса	Требования к сервису изменились
		Неверно определены активы, цели, планы, бюджет
Проектирование	Риск, обусловленный неправильной оценкой активов	Нехватка активов
	Риск, связанный с несвоевременным запуском ИТ-сервиса	Ненадежный поставщик оборудования
	Риск нарушения сроков	Неверно определены сроки и сложность работы, следовательно, срок внедрения затянут
	Риск непринятия ИТ-сервиса заказчиком по причине изменения требований к сервису со стороны заказчика	Изменения внешних условий, изменение ситуаций у заказчика
Внедрение	Технический риск	Программное/аппаратное обеспечение устарело
	Риск полной или частичной потери ИТ-сервиса	Форс-мажорные обстоятельства: пожар, наводнение, землетрясение, вирусные атаки
Эксплуатация	Длительное время отсутствия доступа к ИТ-сервису	Время восстановления работоспособности после сбоя больше ожидаемого
Эксплуатация	Риски, связанные с нарушением целостности, конфиденциальности и доступности данных	Несанкционированный доступ
	Риск, связанный с невыполнением соглашений между заказчиком и ИТ-провайдером	Отсутствие поддержки со стороны провайдера
	Риск полной или частичной потери ИТ-сервиса	Форс-мажорные обстоятельства: пожар, наводнение, землетрясение, вирусные атаки

В докладе был сделан обзор имеющихся классификаций рисков по различным признакам. А также предложена классификация рисков ИТ-сервиса по стадиям его жизненного цикла. При помощи этой классификации на стадии выработки защитных мер можно выбрать такие меры, которые будут наиболее оптимальными для конкретных видов риска и позволят максимально снизить возможный ущерб от их реализации.

Библиографический список

1. Батова, И.В. Классификация рисков и причины их возникновения [Электронный ресурс] / И.В. Батова // Электронный научный журнал «Международный студенческий научный вестник». – 2015. – №1. – Режим доступа: <https://www.edu-herald.ru/pdf/2015/1/25.pdf> (дата обращения: 09.09.2016).
2. Панягина, А.Е. Подходы к пониманию и классификации рисков [Электронный ресурс] / А.Е.Панягина // – Современная экономика: проблемы, тенденции, перспективы. – 2012. – №6. – Режим доступа: http://www.mivlgu.ru/site_arch/edu-cational_activities/journal_es/journal_arch/N6/panyagina.pdf (дата обращения: 09.09.2016).
3. Гасанов, Г. М. Основы классификации рисков информационного обеспечения бизнес-планирования деятельности промышленных предприятий / Г.М. Гасанов // ТДР. – 2009. – №3. – С. 151 – 153.
4. Маслова, Е.В. Классификация рисков ИТ-сервисов и возможные способы защиты /

Е.В. Маслова, Т.В. Киселева // Современные методы прикладной математики, теории управления и компьютерных технологий (ПМТУКТ-2015): сборник трудов VIII Международной конференции. – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 18 – 182.

5. Маслова, Е.В. Риски ИТ-сервиса и их возможные причины / Е.В. Маслова, Т.В. Киселева // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы: сборник трудов Международной научно-практической конференции. Ч. 3. – М.: ООО «АР-консалт». – 2014. – С.67 – 68.

МНОВОВАРИАНТНЫЙ ПРОГНОЗ УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НАСЕЛЕНИЕМ Г. НОВОКУЗНЕЦКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Киселева Т.В., Дружилов А.С.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Целью данного исследования является разработка надежной процедуры прогнозирования потребности населения в лекарственных препаратах для создания единой системы их заказов в г. Новокузнецке.

В последнее время является актуальным вопрос о планировании закупок лекарственных препаратов в муниципальные аптеки и аптечные пункты при больницах. Зачастую объем закупок на будущий период делается на основе оценки закупок, произведенных в предыдущие периоды планирования. При этом часто оказывается, что потребность отдельных лекарственных препаратов превышает закупленный объем, а другие препараты остаются невостребованными в конце планируемого периода, так как их объем превышает спрос.

Для более обоснованного планирования объема закупок предложено прогнозировать спрос на наиболее востребованные лекарственные препараты.

Исследование проводилось в несколько этапов. В качестве методов прогнозирования на первом этапе были взяты классические и нейросетевые прогнозаторы. Среди классических прогнозаторов использованы наиболее популярные: экспоненциальный сглаживатель (ЭС) с экстраполяцией, простая сдвигка, алгоритмы Холта и Холта-Муира. Нейросетевые прогнозаторы представлены многослойным персептроном, радиальной сетью и нейронной сетью Кохонена. Для использования классических прогнозаторов необходимо сначала оптимизировать их настроечные параметры. Нейросетевые прогнозаторы нужно вначале обучить.

При выборе структуры нейросетевых прогнозаторов проводится предварительный анализ рядов данных с целью выявления их особенностей. Для каждого прогнозируемого ряда данных выделено несколько информативных признаков, которые затем используются для повышения качества работы нейронной сети [1, 2]. Например, отбраковывая лишние данные и увеличивая весовые коэффициенты информативных признаков, можно привести ряд данных к удобному для обучения нейронной сети виду (повысить скорость обучения, точность и целостность прогнозных значений). Выделенные информативные признаки подаются на вход нейронной сети в виде отдельных реализаций, которые затем объединяются по сходным признакам, способствующим более точному прогнозу. Способами выделения информативных признаков и приведения ряда данных к виду, удобному для обработки нейронной сети, служат: нормирование, свертка, фильтрация шумов, разделение ряда на периодическую и аperiodическую составляющие и т.д.

Названные выше классические и три вида нейронных прогнозаторов были использованы для прогнозирования объема потребления одного из наиболее востребованных лекарственных средств - церебролизина. Сравнительный анализ точности прогноза с помощью различных алгоритмов был сделан для недельного потребления этого препарата. При прогнозировании на одну неделю относительная ошибка прогноза с помощью ЭС с экстраполяцией составила 18,36 %; простой сдвигки – 7,8 %; алгоритма Холта - 5,4 %; Холта-Муира -

7,5 %. Таким образом, при использовании классических прогнозаторов наилучшим оказался алгоритм Холта.

Нейронный прогнозатор на базе многослойного персептрона построен с тремя слоями: входной слой состоит из девяти входных элементов, промежуточный слой – из семнадцати нейронов, а выходной слой включает либо один параметр, либо пять в зависимости от длительности прогноза (на одну или пять недель). Относительная ошибка при прогнозе на одну неделю составила 9,2 %. Прогнозатор, основанный на радиальной нейронной сети, имеет три слоя: входной слой включает один элемент, промежуточный слой состоит из восьми нейронов, а выходной – из одного линейного нейрона. Относительная ошибка составила 6,3 %. При использовании прогнозатора Кохонена, полученная относительная ошибка равна 18,6 %.

Сопоставительный анализ точности показал, что нейросетевые прогнозаторы при прогнозе даже на одну неделю не являются самыми точными. Однако при увеличении интервала прогнозирования их точность падает в меньших размерах, чем классических прогнозаторов.

На втором этапе исследования была сделана попытка улучшить качество прогноза путем объединения результатов прогнозирования, полученных на первом этапе.

Для получения устойчивого качественного прогноза потребления церебролизина на одну, две и т.д. пять недель предложена структура многовариантного прогнозатора, включающего все указанные выше алгоритмы прогноза. Итоговый прогноз на каждом шаге принимался как сумма результатов прогнозирования, полученных каждым алгоритмом и взятых с весовыми коэффициентами, которые корректируются на каждом шаге прогнозирования в зависимости от текущей точности работы каждого варианта прогноза.

Целесообразность разработки многовариантной структуры прогнозатора диктуется следующими соображениями:

1. В связи с тем, что рассматриваемые реализации характеризуют в большинстве случаев нестационарные процессы, текущие статистические характеристики которых непрерывно изменяются, для прогнозирования таких реализаций целесообразно привлекать несколько алгоритмов.

2. Для сравнительного анализа различных алгоритмов прогнозирования, обучения и испытания, а также повышения надежности функционирования прогнозирующих устройств и человеко-машинных прогнозирующих систем.

Постановка задачи построения многовариантного прогнозатора приведена ниже.

Дано: **1.** Реализации прогнозируемых данных. **2.** Нейросетевые и классические прогнозаторы, взятые для построения многовариантного алгоритма. **3.** Структура многовариантного прогнозатора. **4.** Ограничение: относительная ошибка прогноза на 1 – 5 недель не должна превышать 10 %. **5.** Критерий точности прогнозирования: среднемодульная ошибка прогноза.

Требуется: 1) построить многовариантный прогнозатор, удовлетворяющий ограничению и минимизирующий критерий; 2) проверить точность многовариантного прогноза на контрольной выборке.

В многовариантном прогнозаторе выполняются следующие операции: 1) параллельно производится прогнозирование по всем используемым алгоритмам, результаты которых привлекаются для формирования первичных вариантов прогнозных оценок; 2) в блоке расчета критериев качества оцениваются значения текущих показателей точности прогноза (среднемодульная ошибка, коэффициент детерминации и т.д.). По этим показателям оцениваются весовые коэффициенты, с которыми результаты объединяются в многовариантный прогноз; 3) Полученный результат сравнивается с предыдущими и, если качество прогноза ухудшилось, то с привлечением эксперта производится адаптация многовариантного прогнозатора к новым условиям, которая заключается в следующем: а) изменение настроечных параметров алгоритмов прогнозирования; б) изменение структуры прогнозаторов (гибридизация алгоритмов, элиминирование алгоритмов, которые систематически не обеспечивают заданную точность); в) присоединение новых алгоритмов; г) выявление и добавление новых факторов, влияющих на прогноз.

Результаты многовариантного прогноза вместе с результатами, полученными отдельными прогнозаторами, и факторами, влияющие на прогноз, представляются эксперту, который после анализа выдает итоговый прогноз лицу, принимающему решение о планировании закупок лекарственных препаратов. Эксперт может воздействовать на входные данные, варьируя их в некотором диапазоне, если они не вызывают у него доверия, а также с целью моделирования возможных последствий при действии нестационарных возмущений.

Точность прогноза многовариантного алгоритма, оцененная с помощью относительной ошибки для реализации недельного потребления церебролизина (для сравнения с этим показателем, полученным при использовании отдельных прогнозаторов), составила 4,1 %, что подтверждает целесообразность его применения. СМО равна 0,101. Кроме того, следует отметить, что при увеличении интервала прогноза от одной недели до пяти точность прогнозирования у многовариантного алгоритма падает гораздо с меньшей интенсивностью, чем у отдельных прогнозаторов. Так, при интервале прогнозирования в две недели относительная ошибка составляет 5,8 %; при интервале в три недели – 7,1 %; а при прогнозе на пять недель она равна для контрольного ряда 9,4 %. Такая точность позволяет констатировать, что с помощью многовариантного прогнозирования необходимая надежность обеспечена.

На рисунке 1 приведена реализация недельного уровня потребления церебролизина и его прогнозные оценки, полученные многовариантным прогнозатором.

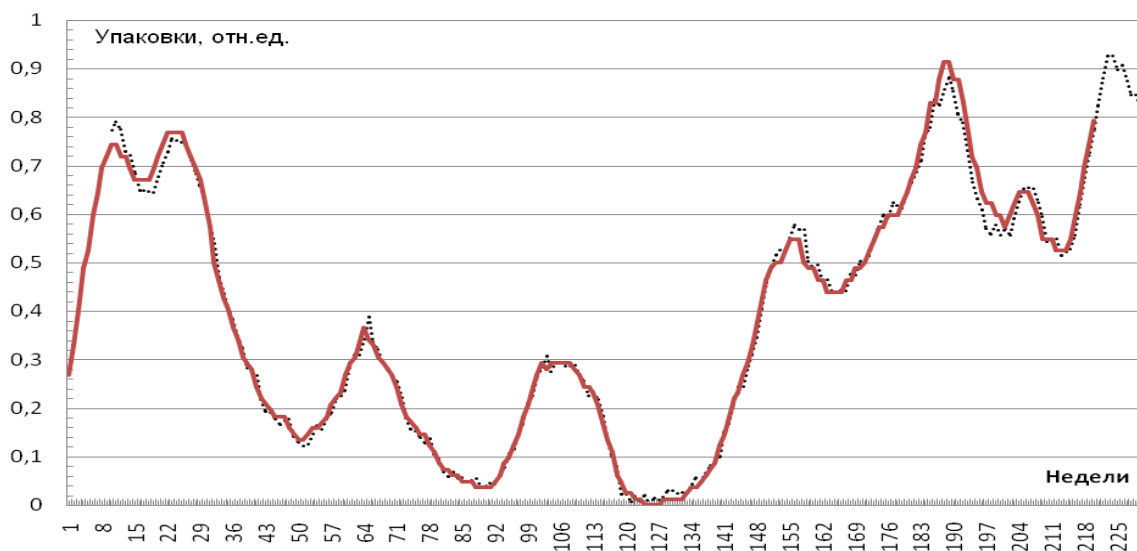


Рисунок 1 - Реализация недельного уровня потребления церебролизина и его прогнозные оценки

Использование результатов прогноза для формирования плановых закупок на лекарственные препараты позволит более обосновано удовлетворять потребность в лекарственных средствах население г. Новокузнецка.

Библиографический список

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2004. – 343 с.
2. Лившиц В.Б., Булдакова Т.И., Колентьев С.В. Статистический и нейросетевой методы идентификации и прогнозирования в медицине. // Информационные технологии. - 2004. - № 3. - С. 60-63.

АЛГОРИТМЫ ДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ МАЛОЙ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Медведев А.В., Раскина А.В.

Сибирский Федеральный Университет, Красноярск, Россия

Введение

Вопросы разработки систем автоматического управления и идентификации широко освещены в работах [1-3]. Наиболее изученными на сегодняшний день являются параметрические методы, в которых ещё на этапе постановки задачи структура модели исследуемого процесса предполагается известной и определению подлежат только ее параметры. В условиях, когда невозможно обоснованно подобрать структуру модели использование вышеупомянутых алгоритмов не представляется возможным. В этом случае целесообразным является использование непараметрических методов [4-6], для применения которых необходимо знание только о качественных характеристиках исследуемого объекта.

В настоящей статье предлагается непараметрический алгоритм дуального управления, конструирование которого основано на применении непараметрической оценки регрессии, в которой учитывается информация о порядке разностного уравнения модели динамического процесса.

Постановка задачи

На рисунке 1 представлена блок-схема управления рассматриваемого процесса:

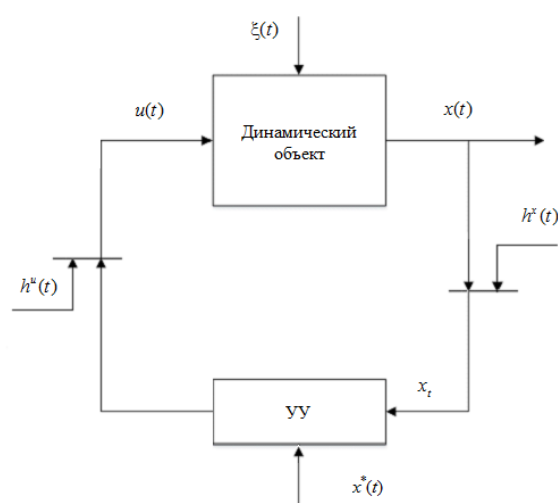


Рисунок 1 - Блок – схема управления динамическим объектом

На рисунке 1 приняты обозначения: $u(t)$ - входная переменная объекта, $x(t)$ - выходная переменная объекта, t – непрерывное время, индекс t – дискретное время, x_t^* – задающее воздействие, УУ – устройство управления, случайные помехи измерений h_t^u , h_t^x , соответствующих переменных процесса, $\xi(t)$ – векторная случайная помеха. Контроль переменных осуществляется через интервал времени Δt .

В работе рассматриваются классы объектов управления, допускающие описание разностными уравнениями вида:

$$x_t = F(x_{t-1}, \dots, x_{t-k}, u_t, \xi_t). \quad (1)$$

Здесь F – неизвестный функционал, k – порядок разностного уравнения, который ограничен $k \leq k_{\max}$. Вход и выход динамического объекта представлен измерениями, форми-

рующими выборку вида $\{u_i, x_i\}, i = \overline{1, s}$, где s – объем выборки, u_i, x_i – измерения входа и выхода объекта в момент времени t_i .

В рассматриваемых условиях в качестве непараметрической модели объекта может быть принята следующая непараметрическая оценка функции регрессии по данным наблюдений $\{x_i, u_i, i = \overline{1, s}\}$:

$$x_s^f = \frac{\sum_{i=1}^s x_i \cdot \Phi\left(\frac{u_s - u_i}{c_s^u}\right) \prod_{j=1}^k \Phi\left(\frac{x_{s-j} - x_{i-j}}{c_s^{x[j]}}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{u_s - u_i}{c_s^u}\right) \prod_{j=1}^k \Phi\left(\frac{x_{s-j} - x_{i-j}}{c_s^{x[j]}}\right)}, \quad (2)$$

где $\Phi(\cdot)$ – колоколообразная функция,

$c_s^u, c_s^{x[j]}$ – коэффициенты размытости ядра, которые при наличии обучающей выборки находятся из задачи минимизации показателя соответствия выхода объекта и выхода модели, основанного на методе скользящего экзамена, когда в непараметрической модели (2) по индексу i исключается q -е наблюдение переменной, предъявляемой для экзамена:

$$R(c_s^u, c_s^{x[1]}, \dots, c_s^{x[k]}) = \sum_{q=1}^s \left(x_s(u_q, x_{q-1}, \dots, x_{q-k}) - x_q \right)^2 = \min_{c_s^u, c_s^{x[1]}, \dots, c_s^{x[k]}} \dots, q \neq i, \quad (3)$$

где индекс i фигурирует в непараметрической модели (2).

Непараметрический алгоритм дуального управления имеет вид [6]:

$$u_{s+1} = u_s^* + \Delta u_{s+1}, \quad (4)$$

где u_s^* – составляющая, накапливающая информацию об объекте исследования, а $\Delta u_{s+1} = \varepsilon(x_{s+1}^* - x_s)$ – «изучающие» поисковые шаги.

Дуализм алгоритма (4) заключается в следующем. На первых тактах управления основную роль при формировании управляющих воздействий играет слагаемое Δu_{s+1} из формулы (4). Но уже по мере накопления информации об объекте возрастает роль слагаемого u_s^* .

В данном случае в качестве слагаемого u_s^* из уравнения (4) можно принять выражение (5)

$$u_s^* = \frac{\sum_{i=1}^s u_i \cdot \Phi\left(\frac{x_{s+1}^* - x_i}{c_s}\right) \prod_{j=1}^k \Phi\left(\frac{x_{s-j} - x_{i-j}}{c_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{x_{s+1}^* - x_i}{c_s}\right) \prod_{j=1}^k \Phi\left(\frac{x_{s-j} - x_{i-j}}{c_s}\right)}. \quad (5)$$

Алгоритм управления нелинейными динамическими системами строится следующим образом. На основании правила выделения существенных переменных определяется порядок разностного уравнения модели динамического процесса k , который в дальнейшем используется при вычислении управляющих воздействий в (5), где присутствуют только те переменные, которые были отобраны алгоритмом.

Библиографический список

1. Дорф Р., Бишоп, Р. 2002 Современные системы управления. (Москва: Лаборатория базовых знаний), 832
2. Гельднер К., Кубик С. 1987 Нелинейные системы управления. (Москва: Мир), 368
3. Пупков КА, Егунов НД 2004 Методы классической и современной теории

автоматического управления. Т1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем управления (Москва: М57ГТУ им.Н.Э. Баумана), 656

4. Медведев АВ 2010 Теория непараметрических систем. Моделирование. Вестник СибГАУ 30 4-9

5. Медведев АВ 2010 Теория непараметрических систем. Процессы. Вестник СибГАУ 29 4-9

6. Медведев АВ 2015 Основы теории адаптивных систем (Красноярск: СибГАУ) 525

УПРАВЛЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПОМОЩЬЮ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ

Колесова И.В., Жилина Н.М.

*Новокузнецкая городская детская клиническая больница № 3,
Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей,
г. Новокузнецк, Россия*

Система предоставления детскому населению необходимой медицинской и фармацевтической помощи приобретает в современных условиях значение важного компонента в системе сохранения здоровья будущего общества как категории, отражающей не только физическое состояние подрастающего поколения, но и связанной с такими процессами, как развитие государства и обеспечение национальной безопасности.

Данные литературы говорят о том, что первоочередной целью системы здравоохранения является повышение эффективности, качества и доступности медицинской помощи путем управления социально-экономической системой в целом [4].

Система управления здравоохранением относится к социально-экономическим системам, которая включает и систему фармацевтической помощи.

Результатом управленческой деятельности являются управленческие решения, которые появляются путем анализа управленческого процесса [3]. От того, насколько качественно проведен анализ, зависит и качество управленческих решений, которые будут приняты в результате управленческой деятельности [1, 5].

В системе здравоохранения постоянно разрабатываются новые элементы и модели оказания медицинской помощи. В рамках реализации Национальных проектов Правительство Российской Федерации реализовывало ряд мероприятий, направленных на развитие системы здравоохранения, как одного из элементов социально-экономической системы, что в свою очередь позволяло решать некоторые вопросы оказания качественной и доступной медицинской помощи.

Однако во внедряемых моделях в основном предусматриваются только объемы необходимой медицинской помощи, а проблемы организации процесса оказания фармацевтической помощи как неотъемлемой части оказания адекватной и доступной медицинской помощи остаются неразрешенными. Некоторые мероприятия позволили решить ряд вопросов управления фармацевтической помощью – увеличилось количество учреждений здравоохранения, имеющих в штате клинического фармаколога, медицинские учреждения стали более внимательно относиться к процессу управления фармацевтической помощью, стали обращать внимание на расходование денежных средств при проведении закупок лекарственных средств и изделий медицинского назначения для лечебного процесса в муниципальном здравоохранении.

Тем не менее, в отличие от многих развитых стран, недостаточный и низкий уровень культуры потребления, в том числе и лекарственных средств, приводит к так называемому «самолечению» граждан России, в большей степени это проявляется среди работающего населения, что в результате: отрицательно сказывается на состоянии индивидуального и показателей общественного здоровья; увеличивает потребность в медицинской помощи и её стоимость, особенно в условиях стационара, а при жестком ограничении финансирования системы здра-

воохранения – ложится дополнительной финансовой нагрузкой на население, оказывает негативное влияние на показатели инвалидизации, особенно среди населения трудоспособного возраста, ухудшая не только качественную, но и количественную составляющие трудового потенциала, и наносит непоправимый социально-экономический ущерб обществу [2].

К настоящему времени накоплены значительные объемы информации об управлении в системе фармацевтической помощи в лечебном учреждении, а также электронные данные о состоянии фармацевтической помощи. Данная информация нуждается в полном, профессиональном и эффективном анализе, для решения существующих проблем, что и явилось предметом настоящего исследования.

Объектом исследования является система управления фармацевтической помощью в медицинском учреждении на примере ГБУЗ КО «Новокузнецкой городской детской клинической больницы № 3» (далее «НГДКБ № 3»).

Предмет исследования: электронные базы данных лекарственных средств при управлении фармацевтической помощью в муниципальном здравоохранении.

Методы исследования: системный анализ, статистические методы, графический анализ. Для статистической обработки вся информация была переведена в формат SPSS Data Document. Анализ данных выполнен в лицензионном статистическом пакете IBM SPSS Statistics (версия 19.0). Для определения статистической значимости различий показателей динамики в трех и более группах применен критерий Фридмана, значимости тенденции показателей в динамике – критерий тау Кендалла (τ). Критический уровень значимости различий принят $p=0,05$. Средние значения показателей приведены со стандартным отклонением ($M \pm \sigma$), вычислены медианные значения (Me).

Цель исследования: провести анализ имеющихся электронных данных при управлении фармацевтической помощью в «НГДКБ №3» для выявления проблем и повышения качества оказания фармацевтической помощи. Для достижения цели поставлены **задачи:**

1. На основе имеющихся электронных данных составить базу данных (БД) в формате SPSS Data Document.

2. Провести графический анализ в динамике изменений по признаку «Жизненно необходимого важнейшего лекарственного препарата» (ЖНВЛП) и принадлежности к фармакологической группе по годам.

3. Определить структуру используемых лекарственных средств и доли ЖНВЛП в динамике по годам.

4. Выявить значимость изменения расходования денежных средств и количества лекарственного препарата, (по признаку ЖНВЛП) с помощью критерия Фридмана.

Исследование проведено на основе информации, содержащейся в программном комплексе «ФармКапитан», который разработан на платформе 1С Предприятие, является зарегистрированным продуктом, свидетельство о регистрации № 2011610913 от 20.01.2011, и имеет информацию о расходовании лекарственных средств, используемых в лечебном процессе медицинского учреждения, а также их стоимости, общей сумме затрат.

В качестве входной информации использовались данные о количественном и суммовом расходовании лекарственных средств, признак ЖНВЛП, фармакологические группы лекарственных средств (ЛС), используемых при управлении системой фармацевтической помощи.

В процессе обработки информации, для систематизации аналитических данных, определены наиболее значимые для анализа фармакологические группы лекарственных средств.

Результаты исследования

Создана база данных, которая включает в себя следующие признаки: принадлежность к группе по VEN-анализу, признак ЖНВЛП, принадлежность к группе по ABC-анализу, фармакологическая группа, международное непатентованное наименование (МНН), количество, стоимость, сумма и процент затрат по группе ABC-анализа за период 2015-2018гг. На основе имеющихся данных было получено 264 единицы наблюдения.

В таблице 1 представлены объемы выборки в динамике с 2015 по 2018год.

Таблица 1 – Общие характеристики выборки»

Период наблюдения	ЛС, применяемые в лечебном процессе, входящие в формулярный перечень		ЛС, не применяемые в лечебном процессе, входящие в формулярный перечень	
	Абс.	процент	Абс.	процент
2015	180	68,2	84	31,8
2016	175	66,3	89	33,7
2017	172	65,2	92	34,8
2018	167	63,3	97	36,7
(M±σ)	173,5±2,3	65,8±1,4	90±2,3	34,3±1,4
Me	173,5	65,8	90,5	34,3

В среднем $173 \pm 2,3$ наименований лекарственных средств использовалось в лечебном процессе в 2015-2018гг., что составило в процентном выражении $65,8 \pm 1,4$ % от всех ЛС, которые закупается в лечебном учреждении и входят в формулярный перечень. Происходит снижение количества закупаемых наименований ЛС с 68,2 % в 2015г., до 63,3 %, и в целом сократилось на 13 наименований, что составляет 4,9 %. Таким образом, значимо снижается процент используемых в лечебном процессе ЛС: $\tau = -1,0$, $p < 0,001$, соответственно, растет процент неиспользуемых.

Данное снижение может быть обусловлено длительным отсутствием ЛС у компаний-дистрибьюторов, наличие так называемой «стойкой дефектуры», которая возникает по ряду причин, например, при перерегистрации ЛС. В связи с тем, что в детской практике ограничены варианты лекарственных форм и дозировок у ЛС, данное снижение может наблюдаться в течении длительного периода.

Из таблицы 2 видно, что при снижении количества закупаемых лекарственных средств с 2015 к 2018г., происходит увеличении общей суммы затрат на лекарственные средства.

Таблица 2 – Общие сведения о количестве и сумме затрат на лекарственные средства за период 2015-2018гг.

Показатель	2015	2016	2017	2018
Количество ЛС, упаковок	70035	68578	49015	38038
Сумма, тыс. руб.	5651	6757	5816	7042

На рисунке 1 показаны изменения затрат на лекарственные средства, одной из причин которых, является рост цен на лекарственные средства.

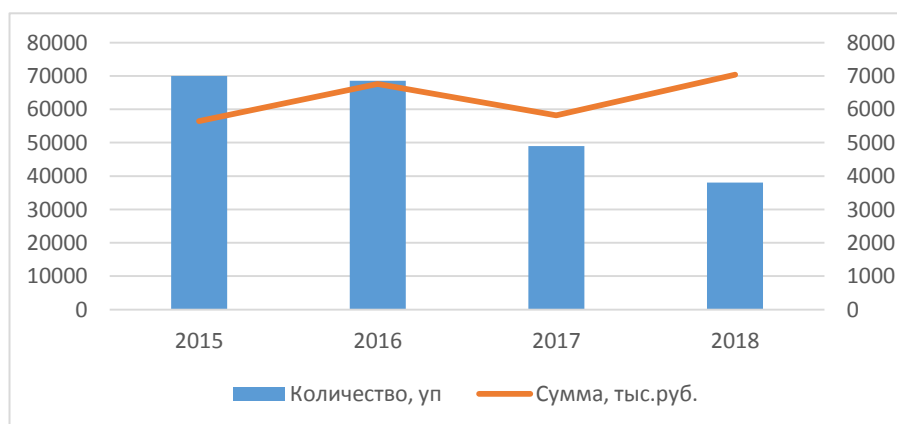


Рисунок 1 – Динамика затрат на лекарственные средства за период 2015-2018гг.

Результаты применения критерия тау Кендалла: тенденция роста затрат на лекарственные средства с 2015г. по 2018г. достаточна сильная $\tau = 0,667$, но результат нельзя

назвать закономерным из-за небольшой динамики - уровень значимости различия больше 0,05 ($p=0,174$). А тенденция изменения количества ЛС значимо убывающая: $\tau=-1,0$, $p<0,001$.

В данном случае тенденция роста затрат обусловлена условиями на рынке, которые явно не влияют на закономерность. Также, на тенденцию роста затрат влияет внедрение новых нормативно-правовых актов при оказании фармацевтической помощи, что существенно повышает стоимость ЛС и увеличение затрат на закупку ЛС. Например, внедрение маркировки ЛС, повлечет за собой увеличение затрат на закупку ЛС для медицинского применения. В данном случае, повлиять на стоимость ЛС и затраты при закупке, медицинская организация, как потребитель, не может.

В таблице 3 показано количество используемых лекарственных средств и общая сумма затрат на лекарственные средства. Мы видим, что в среднем, сохраняется соотношение по количеству используемых жизненно важных и не жизненно важных лекарственных средств по годам, исключение составляет 2016 год, в котором ЛС принадлежащие к группе жизненно важных препаратов были закуплены в большем количестве.

Таблица 3 - Количество используемых лекарственных средств и общая сумма затрат на лекарственные средства в 2015-2018гг.»

Показатель	Лекарственные средства							
	2015		2016		2017		2018	
	ЖНВЛ П	Не ЖНВЛ П	ЖНВЛ П	Не ЖНВЛ П	ЖНВЛ П	Не ЖНВЛ П	ЖНВЛ П	Не ЖНВЛ П
Количество ЛС, (упаковок)	50804	19231	56119	12459	35498	13517	26834	11204
процент	72,54	27,46	81,83	18,17	72,42	27,58	70,55	29,45
Сумма, (тыс. руб.)	3364	2267	4445	2312	2972	2844	4153	2889
процент	59,53	40,47	65,78	34,22	51,10	48,90	58,97	41,03

Наиболее высокий процент используемых ЛС в группе жизненно-важных препаратов отмечается в 2016г., соответственно в группе не жизненно-важных препаратов в этом году произошло снижение количества используемых ЛС. Проведено сравнение количества используемых ЛС по признаку ЖНВЛП, с помощью критерия Фридмана в период 2015-2018гг. Выявлены статистически значимые различия $\chi^2_F=4$, уровень значимости различий $p=0,046$ ($p<0,05$).

Для оценки статистической значимости роста затрат на ЛС вычислен критерий тау Кендалла, выявлена статистически значимая тенденция к росту затрат на приобретение не жизненно важных препаратов: $\tau=1,0$, $p<0,001$.

Необходимо снижать затраты на группу не жизненно-важных препаратов, которые используются в лечебном процессе, в большинстве случаев, как вспомогательная и симптоматическая терапия, не оказывая влияния на причину заболевания.

Проведен анализ по видам препаратов, из которого следует, что наибольший объем лекарственных средств, используемых в лечебном процессе относятся к группам антибиотиков, желудочно-кишечных ЛС и растворов, что можно соотнести с клинико-статистическими группами (КСГ) при оплате за законченный случай лечения по тарифам, дифференцированным в зависимости от КСГ, и в дальнейшем позволит ограниченные финансовые ресурсы расходовать наиболее рационально.

Выводы:

1. В среднем $173\pm 2,31$ наименований лекарственных средств использовалось в лечебном процессе в 2015-2018гг., что составило в процентном выражении $65,83\pm 1,41\%$ от всех

ЛС, которые закупаются в лечебном учреждении и входят в формулярный перечень.

2. Происходит снижение количества закупаемых наименований ЛС с 68,2% в 2015г., до 63,3%, и в целом сократилось на 13 наименований, что составляет 4,9 %, что свидетельствует об узком ассортименте используемых ЛС. Данное снижение может быть обусловлено длительным отсутствием ЛС у компаний-дистрибьюторов, наличие так называемой «стойкой дефектуры», которая возникает по ряду причин, например, при перерегистрации ЛС.

3. Тенденция роста затрат на лекарственные средства с 2015г. по 2018г. статистически не значима, а тенденция изменения количества ЛС значимо убывающая: $\tau=-1,0$, $p<0,001$.

В данном случае тенденция роста затрат обусловлена условиями на рынке, которые явно не влияют на закономерность.

4. Наиболее высокий процент используемых ЛС в группе жизненно-важных лекарственных средств произошло в 2016 году. Проведено сравнение количества используемых ЛС по признаку ЖНВЛП, с помощью критерия Фридмана в период 2015-2018гг. Выявлены статистически значимые различия $\chi^2_F=4,0$, уровень значимости различий $p=0,046$.

5. Затраты на лекарственные средства из группы не жизненно-важных препаратов, в процентном соотношении гораздо выше относительно количества, что обусловлено формированием ценовой политики на данную группу, где торговые наложения выше, чем в группе ЖНВЛП.

6. Наибольший объем лекарственных средств, используемых в лечебном процессе относятся к группам *антибиотиков, желудочно-кишечных ЛС и растворов*, что можно соотнести с клинико-статистическими группами (КСГ) при оплате за законченный случай лечения по тарифам, дифференцированным в зависимости от КСГ, и в дальнейшем позволит ограниченные финансовые ресурсы расходовать наиболее рационально.

Рекомендации

1. Необходимо снижать затраты на группу не жизненно-важных препаратов, которые используются в лечебном процессе, в большинстве случаев, как вспомогательная и симптоматическая терапия, не оказывая влияния на причину заболевания.

2. В связи с тем, что наблюдается тенденция снижения количества закупаемых ЛС, необходимо проанализировать возможные варианты новых зарегистрированных лекарственных форм для применения в детской практике и внести изменения в формулярный перечень лечебного учреждения, для дальнейшей закупки и применения новых ЛС.

3. Для рационального использования финансовых и материальных ресурсов провести подробный анализ используемых в лечебном процессе фармакологических групп ЛС и соотнести с клинико-статистическими группами при оплате лечения по тарифам.

Библиографический список

1. Гапоненко, А.Л. Общий и специальный менеджмент / А. Л.Гапоненко, А.П.Панкрухина. – М.: Изд-во РАГС, 2001. – 568с.

2. Жилина Н.М. Приложения математической статистики к медицинским научным исследованиям: учебное пособие / Н.М.Жилина, Новокузнецк: Изд-во МОУ ДПО ИПК, 2005. – 41с.

3. Найговзина, Н.Б. Проблемы охраны здоровья, здравоохранения и возможные меры их решения / Н.Б. Найговзина // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. – 2004. – №9. – С.229.

4. Стародубов, В.И. Оптимизация процесса принятия и контроля реализации управленческих решений. Методические рекомендации / В.И. Стародубов, Ю.В. Михайлова, Т.А. Сибурин. – М.: ЦНИИОИЗ, 2002. – 32с.

5. Эддоус, М. Стэнсфилд Р. Методы принятия решений / М.Эддоус, Р.Стэнсфилд. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 590с.

КЛАССИФИКАЦИЯ АГЕНТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ИНФОРМАЦИИ

Киселева Т.В., Гусев М.М., Кораблина Т.В., Гусева А.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Социальные сети сегодня являются одним и наиболее распространенных каналов общения между людьми и мощным инструментом передачи информации. *Интерес* в социальной сети как проявление активности в ответ на информацию (лайк, дизлайк, репост, комментарий) связан с уровнем освоения действительности в форме знаний и развертывается преимущественно во внутреннем плане. В основе интереса лежит познавательное влечение (желание) к той или иной области действительности, которое постепенно может перерасти в устойчивую личностную потребность в активном, деятельном отношении к предмету. Интерес описывается в терминах увлеченности содержанием, вовлеченности в задачу, в процесс деятельности [1].

Различают *эмоциональную* и *волевою* стороны интереса. Под эмоциональной стороной подразумевается интеллектуальная эмоция; под волевой стороной понимается усилие, связанное с преодолением интеллектуальных трудностей [1].

Объектом исследования в докладе является социальная сеть, предметом исследования – процесс распространения различной информации, в том числе и рекламного характера внутри сети.

Под *социальной сетью* на качественном уровне понимается социальная структура, состоящая из множества агентов (некоторых субъектов) и определенного на нем множества отношений. *Отношение* – совокупность связей между агентами [2]. Социальные сети используются агентами для удовлетворения различных коммуникативных подробностей: получение информации от других членов социальной сети, верификация идей через участие во взаимодействиях в социальной сети, социальная выгода от контактов. *Агентом* социальной сети будем считать человека, участвующего в общении внутри социальной сети.

Развитие интернет-технологий дало толчок к появлению онлайн-социальных сетей, в которых в настоящее время лавинообразным образом увеличивается количество пользователей, которые, в свою очередь, ускоряют процесс генерации больших объемов информации и увеличивают скорость её передачи. Распространение мнений в группе людей зависит от некоторых качественных характеристик как группы в целом, так и отдельных индивидумов. Выявление в таких группах ключевых пользователей, наиболее влияющих на своих соседей, позволит с наименьшими затратами управлять мнением всей группы в целом, а управление мнениями в группе, в свою очередь, является одним из способов продвижения информации, в том числе и рекламного характера. В связи с этим разработка модели социальной сети является актуальной задачей, решение которой позволит понять механизмы распространения информации в сети и разработать инструменты для управления этим процессом. Ещё в начале 19 века Р.М. Ротшильд сказал: «Кто владеет информацией, тот владеет миром», сегодня это положение актуально как никогда.

При построении модели социальной сети необходимо учесть ряд факторов, таких как: наличие собственных мнений агентов, изменение мнений под влиянием других членов социальной сети, различная значимость мнений одних агентов для других агентов, различная степень подверженности агентов влиянию, существование косвенного влияния в цепочке социальных контактов, уменьшение косвенного мнения с увеличением расстояния, существование «лидеров мнений» (агентов с максимальным влиянием), существование порога чувствительности к изменению мнения окружающих, локализация групп (по интересам, с близкими мнениями), формализация индексов влияния, наличие специфических социальных норм, учет факторов социальной корреляции (общих для групп агентов), наличие стадий – характерных этапов динамики мнений членов социальной сети, лавинообразные эффекты (каскады).

Для классификации агентов социальной сети были проведены исследования и серия деловых игр, в результате которых по степени заинтересованности выделено 5 типов агентов. Для оценки степени заинтересованности агентов введен коэффициент заинтересованности k , $0 \leq k \leq 1$, позволяющий оценить заинтересованность агента в той или иной информации.

1. *Агенты с максимальной заинтересованностью.* Данный вид очень легко принимает любую информацию, которую распространяет источник. Данный вид способен быстро распространять данную информацию. Информация не критикуется и не оценивается. Всё воспринимается «как есть» ($k \geq 0,85$);

2. *Агенты с высокой заинтересованностью.* Данный вид позитивно относится к информации от агента. Люди данного класса способны на критику, но случается это достаточно редко. При распространении информация практически не подвергается изменению ($0,6 \leq k < 0,85$);

3. *Агенты со средней заинтересованностью.* Данный вид критически относится к информации от источника. Они способны на анализ информации и на её критическую оценку. Люди данного класса избирательны при передаче информации ($0,4 \leq k < 0,6$);

4. *Агенты с низкой заинтересованностью.* Данный вид в основном является потребителем информации и редко передает ей дальше ($0,2 \leq k < 0,4$);

5. *Агенты с очень низкой заинтересованностью.* Данный вид практически не воспринимает информацию ($k < 0,2$).

Агентов также можно классифицировать по «степени близости», оценивать которую предлагается с помощью коэффициента $0 \leq b \leq 1$. В результате выделено 6 видов агентов:

1. *«Близкие друзья»* – группа людей, пользующаяся самым высоким уровнем доверия. Контакт с данной группой людей проходит достаточно часто. У этого вида имеется большое количество общих интересов ($b \geq 0,85$);

2. *«Друзья»* – группа людей пользующаяся высоким уровнем доверия. Также группа характеризуется частичным совпадением интересов ($0,65 \leq b < 0,85$);

3. *«Родственники»* – группа людей, связанная кровными узами. Характеризуется средним или низким уровнем общих интересов ($0,5 \leq b < 0,65$);

4. *«Знакомые»* – группа с низким уровнем доверия. Характеризуется малым количеством общих интересов и низким уровнем контактов ($0,33 \leq b < 0,5$);

5. *«Сослуживцы»* – группа людей, объединенная посредством общего вида деятельности или работы. Чаще всего взаимодействие осуществляется только на деловом уровне ($0,15 \leq b < 0,33$);

6. *«Незнакомцы»* – группа, имеющая наименьшее доверие агента ($b < 0,15$).

На данном этапе работы алгоритм определения значений коэффициентов степени заинтересованности k и степени близости b не формализован, и они определены экспертами. Предлагаемая классификация агентов по типам и видам должна быть учтена при разработке модели распространения информации внутри социальной сети. Например, при использовании графовой модели социальной сети [3] вместо обычного графа получается взвешенный граф с весовыми коэффициентами k и b , от значений которых зависит размер информационного круга, т.е. группы агентов, проявляющая интерес в определенной области.

Библиографический список

1. Мелехин И.В. Управленческо-деятельностный процесс поведения человека при размещении информации в социальных сетях// Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. – 2016 -№: 4-1(10).- С. 181-191.

2. Губанов Д.А. Модели влияния в социальных сетях / Д.А. Губанов, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили // Управление большими системами. Выпуск 27. М.: ИПУ РАН, 2009. С.205-281.

3. Целых А.А.. Теоретико-графовые подходы к моделированию актор-сетей в исследованиях науки и технологий / А.А. Целых, М.А. Дедюлина // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. - 2018 -№:4(23) С: 244-259.

ЗЕРКАЛЬНАЯ СИММЕТРИЯ В ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЯХ КАНАТОВ И ВАЛОВ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Борщинский М.Ю.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Поперечный изгиб вала наиболее близок к изгибу круглой балки (рисунок 1). Но балка свободно опирается на опоры, ее концы изгибаются вверх. В отличие от балки вал закреплен в подшипниках, соединен с другими устройствами, которые препятствуют изгибу, что исключает возможность использовать теорию [1, 2, 3, 4, 5] применительно к валу.

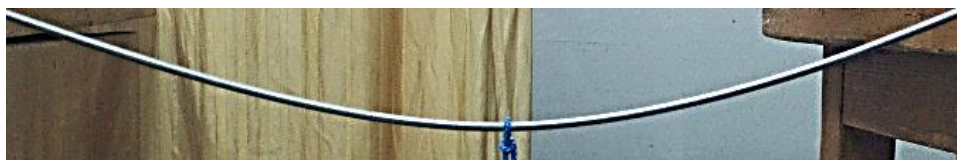


Рисунок 1 – Изгиб тонкого упругого круглого вала

Канат в отличие от вала, как и струна натянут грузом и более гибок чем вал, по гибкости приближается к струне. Но в соответствии с рисунком 2 струна испытывает излом в точках закрепления и оттягивания, что физически невозможно для каната. В то же время крепление концов каната ближе к креплению концов вала. Крепление к сосуду с грузом также не допускает излома, а набег каната на барабан и шкив копра происходит по касательной к окружности, что физически исключает изгиб каната в концевой точке касания каната окружности шкива. Из изложенного следует, что канат и вал подчиняются одной и той же теории. Однако дополнительный учет натяжения каната позволит повысить точность математической модели.

На рисунке 3 показан канат физической модели шахтной подъемной установки. В точке оттягивания канат изгибается без излома, так же, как и вал, но в отличие от вала с меньшим радиусом кривизны.

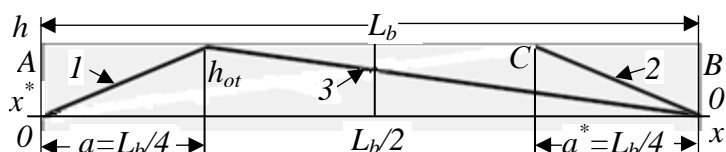


Рисунок 2 – Изгиб струны и зеркальное отображение линии 1 в линию 2

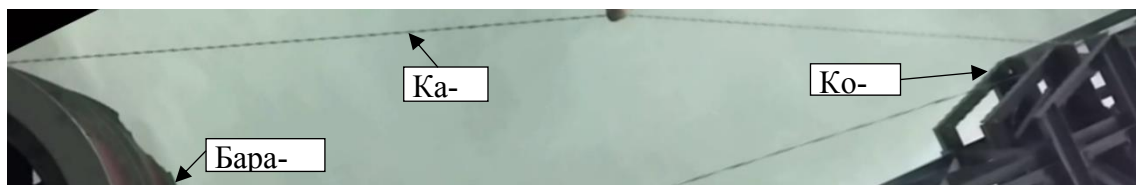


Рисунок 3 – Канат, барабан и копер лабораторного стенда шахтной подъемной установки

Теория изгиба в [4, 5] построена с использованием изгибающих моментов M (рисунок 4), приложенных к концам балки, что позволило решить задачу изгиба свободно опертой балки, но исключается возможность выполнить условие защемления концов вала. Решение этой задачи применительно к валу выполним на основе рисунка 5, на котором показана сосредоточенная сила P , которая приложена к правой грани $x = a$ выделенного элемента бесконечно малой длины dx . Вид элемента до и после изгиба показан на рисунке 5.

Приложение силы P вызывает изгиб вала и каната. При изгибе длина оси 0_1-0_2

(рисунок 4) вала и каната остается неизменной, а волокна выше оси сжимаются, а ниже растягиваются. Сжимающие и растягивающие силы в соответствии с законом Гука при увеличении изгиба растут, компенсируя изгибающее действие силы P , процесс изгиба прекратится только тогда, когда сумма сжимающих и растягивающих сил сравняется с силой P .

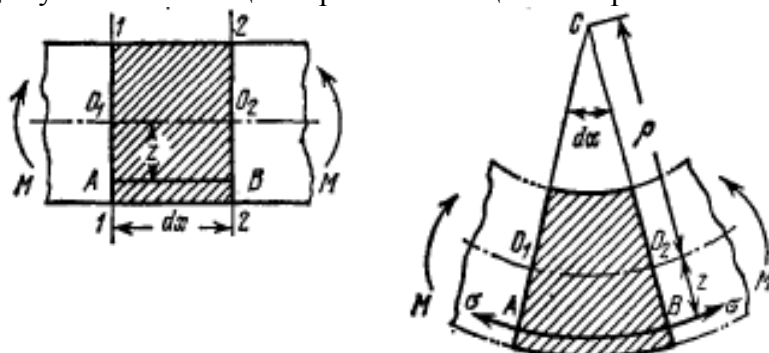


Рисунок 4 – К теории изгиба балки, свободно опертой на концах

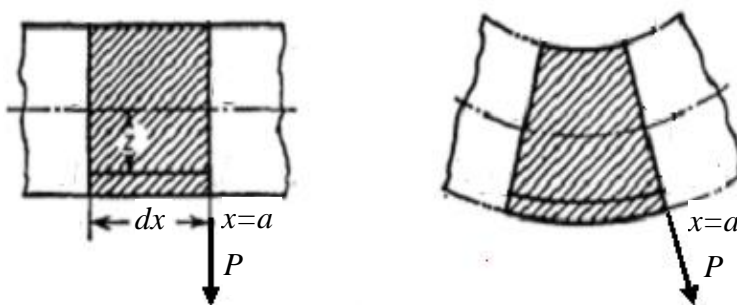


Рисунок 5 – Изгиб каната и вала от воздействия сосредоточенной силы

Из рисунка 5 имеем $dM(x) = Pdx$, а интегрируя получаем функцию момента силы P $M(x) = P_1x + C_1$. Но сила P создает не один, а два момента с плечами a и $L_b - a$, а распределение силы P на два момента определяется реакцией опор P_1 и P_2 рисунок 6), которые обратно пропорциональны длинам плеч [1,3,7], в следствии чего для левой опоры имеем

$$\frac{P_1}{P} = \frac{L_b - a}{L_b},$$

откуда

$$P_1 = \frac{P(L_b - a)}{L_b}.$$

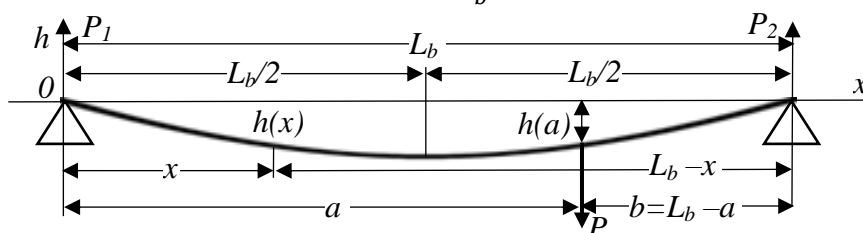


Рисунок 6 - Расчетная схема изогнутой круглой балки

Подставляя P_1 в функцию момента, получаем

$$M(x) = \frac{P(L_b - a)}{L_b}x + C_1, \quad 0 \leq x \leq a. \quad (1)$$

Интегрирование на рисунке 5 распространяется только на левую часть вала, решение задачи по отношению к правой части остается открытой. Для решения задачи воспользуемся одинаковыми режимами закрепления концов вала и воспользуемся идеей зеркальной симметрии. Демонстрацию идеи выполним на простом эксперименте с гитарной струной, закреп-

ленной на двух опорах A и B . На рисунке 2 приведена струна в оттянутом состоянии и ее математическое описание, позаимствованное из [1] имеет вид

$$h_1(x) = h_{ot} * \frac{x}{a}, \quad 0 \leq x \leq a \quad (2,a)$$

$$h_2(x) = h_{ot} * \frac{L_b - x}{L_b - a}, \quad a \leq x \leq L_b \quad (2,b)$$

На рисунке 2 введем вторую систему координат, начало $x^* = 0^*$ которой расположим на опоре B , а ось абсцисс x^* направим справа налево, встречно оси абсцисс x (изменим знак на противоположный) с началом координат на опоре O . Исходя из подобия треугольников запишем

$$\frac{h_1(x)}{h_{ot}} = \frac{x}{a}, \quad \frac{h_2(x)}{h_{ot}} = \frac{x^*}{a^*}, \quad \text{откуда}$$

$$h_1(x) = h_{ot} \frac{x}{a}, \quad 0 \leq x \leq a, \quad (3,a)$$

$$h_2(x^*) = h_{ot} \frac{x^*}{a^*}, \quad a \leq x \leq L_b. \quad (3,b)$$

На рисунке 2 построены график функций (3,a) линия 1 и функции (3,b) - линии 2. Графики построены в разных системах координат и иллюстрируют зеркальную симметрии, подтверждая одинаковые режимы работы опор. Для построения функций изгиба функцию (3,b) из системы координат x^* необходимо преобразовать в систему x .

Согласно [6] преобразованию подлежат

$$x^* = L_b - x, \quad a^* = L_b - a \quad (4)$$

в результате (3) примут окончательный вид

$$h_1(x) = h_{ot} * \frac{x}{a}, \quad 0 \leq x \leq a, \quad (5,a)$$

$$h_2(x) = h_{ot} * \frac{L_b - x}{L_b - a}, \quad a \leq x \leq L_b, \quad (5,b)$$

которым соответствует график из линий 1 и 3 на рисунке 2.

Используя зеркальную симметрию, запишем функцию изгиба в системе координат x^*

$$M(x^*) = \frac{P(L_b - a^*)}{L_b} x^* + C_2, \quad a \leq x \leq L_b. \quad (5,c)$$

Применив к (2.12,b) преобразование (2.9) получим

$$M(x) = \frac{P \cdot a}{L_b} (L_b - x) + C_2, \quad a \leq x \leq L_b \quad (5,d)$$

Таким образом для (1) и (5,d) имеем

$$M(x) = \begin{cases} \frac{P(L_b - a)}{L_b} x + C_1, & 0 \leq x \leq a, \\ -\frac{P \cdot a}{L_b} x + P \cdot a + C_2, & a \leq x \leq L_b. \end{cases} \quad (6)$$

В источниках [4, 5] учитываются только изгибающие моменты, с учетом дополнительного динамического момента и момента внутреннего вязкого трения $M_t(t)$, получим

$$EJ \frac{d^2 h(x, t)}{dx^2} = M(x) + M(t) - M_c(t) - M_t(t), \quad (7)$$

где согласно источнику [7] имеем

$$M(t) = \begin{cases} (Lb - a)m \frac{d^2 h(t)}{dt^2}, & 0 \leq x \leq a, \\ am \frac{d^2 h(t)}{dt^2}, & a \leq x \leq Lb. \end{cases} \quad (8)$$

$$M_t(t) = C_t Lb \eta D \frac{dh(t)}{dt}, \quad C_t Lb = c_t \quad (9)$$

Подставляя (6), (8) и (9) в (7) получим дифференциальное уравнение в частных производных второго порядка, описывающее затухающие колебания вала и каната

$$EJ \frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial x^2} - Am \frac{\partial^2 h_1(x, t)}{\partial t^2} - B \frac{\partial h_1(x, t)}{\partial t} = \begin{cases} \frac{P(Lb - a)}{Lb} x + C_1, A = Lb - a & 0 \leq x \leq a, \\ -\frac{P \cdot a}{Lb} x + Pa + C_2, A = a, & a \leq x \leq Lb. \end{cases} \quad (10)$$

Постоянные интегрирования определим из установившегося режима, когда

$$\frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial t^2} = \frac{\partial h(x, t)}{\partial t} = 0,$$

при этом дифференциальное уравнение в частных производных (10) преобразуются в обыкновенное дифференциальное уравнение

$$EJ \frac{d^2 h(x, t)}{dx^2} = \begin{cases} \frac{P(Lb - a)}{Lb} x + C_1, & 0 \leq x \leq a, \\ \frac{Pa}{Lb} (Lb - x) + C_2, & a \leq x \leq Lb. \end{cases} \quad (11)$$

Дважды интегрируя, получим

$$EJ \frac{dh(x, t)}{dx} = \begin{cases} \frac{P(Lb - a)}{2Lb} x^2 + C_1 x + C_3, & 0 \leq x \leq a, \\ -\frac{Pa}{2Lb} (Lb - x)^2 - C_2 (Lb - x) + C_4, & a \leq x \leq Lb. \end{cases}$$

$$EJ h(x) = \begin{cases} \frac{P(Lb - a)}{6Lb} x^3 + C_1 \frac{x^2}{2} + C_3 x + C_5, & 0 \leq x \leq a, \\ \frac{P \cdot a}{6Lb} (Lb - x)^3 + C_2 \frac{(Lb - x)^2}{2} - C_4 (Lb - x) + C_6, & a \leq x \leq Lb. \end{cases}$$

Выполняя условия фиксации концов вала в подшипниках, получим граничные условия

$$h(0) = h'(0) = h(Lb) = h'(Lb) = 0 \quad (12)$$

получаем $C_3 = C_4 = C_5 = C_6 = 0$, подстановка которых дает

$$EJ \frac{dh(x, t)}{dx} = \begin{cases} \frac{P(Lb - a)}{2Lb} x^2 + C_1 x, & 0 \leq x \leq a, \\ -\frac{Pa}{2Lb} (Lb - x)^2 - C_2 (Lb - x). & a \leq x \leq Lb. \end{cases} \quad (13)$$

$$EJh(x) = \begin{cases} \frac{P(L_b - a)}{6L_b}x^3 + C_1 \frac{x^2}{2}, & 0 \leq x \leq a, \\ \frac{P \cdot a}{6L_b}(L_b - x)^3 + C_2 \frac{(L_b - x)^2}{2}, & a \leq x \leq L_b. \end{cases} \quad (14)$$

Постоянные интегрирования C_1 и C_2 определим из условия непрерывности и гладкости функции. Для этого первую функции из (14) необходимо приравнять второй и первую производную из (13) приравнять второй при $x = a$. Затем сгруппировав слагаемые в полученных равенствах будем иметь

$$C_1 a + C_2 (L_b - a) = -\frac{Pa^2(L_b - a)}{2L_b} - \frac{P \cdot a(L_b - a)^2}{2L_b},$$

$$C_1 \frac{a^2}{2} - C_2 \frac{(L_b - a)^2}{2} = \frac{P \cdot a(L_b - a)^3}{6L_b} - \frac{Pa^3(L_b - a)}{6L_b}.$$

Первое уравнение умножим на $\frac{L_b - a}{2}$, сложим со вторым, а результат решим относительно C_1

$$C_1 = \frac{P(a^2 - L_b^2)}{6L_b}. \quad (15, a)$$

Первое уравнение умножим на $\frac{a}{2}$ и вычтем из него второе, разрешив относительно C_2 получим

$$C_2 = \frac{P \cdot a(3aL_b - a^2 - 2aL_b^2)}{6(L_b^2 - aL_b)}. \quad (15, b)$$

Работу модели демонстрируем на рисунках 7, 8, 9. Запись кривых выполнена с помощью, разработанной автором системы поддержки и исследования. На рисунке 7 показан изгиб вала от действия силы P приложенной к середине вала $\frac{a=L_b}{2}$, на рисунках 8 и 9 сила P прикладывалась соответственно к точкам $\frac{a=L_b}{4}$ и $\frac{a=3L_b}{4}$.

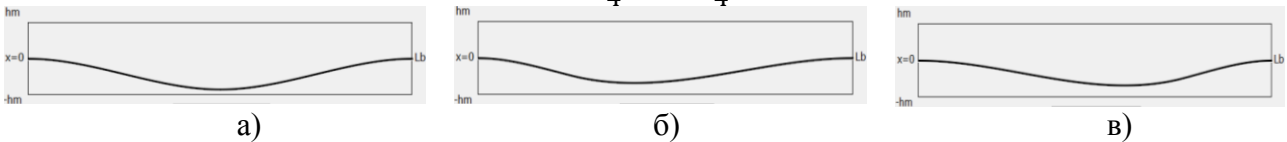


Рисунок 7 – Изгиб вала от силы P действующей

в точке $\frac{a=L_b}{2}$ для а), в точке $\frac{a=L_b}{4}$ для б) и в точке $\frac{a=3L_b}{4}$ для в)

На рисунках 10, 11 и 12 представлены экспериментальные кривые, причем рисунок 10 соответствует рисунку 7, рисунок 11 рисунку 8 и рисунок 12 рисунку 9. Сравнение рисунков показывает совпадение характеристик теоретических процессов с экспериментальными.

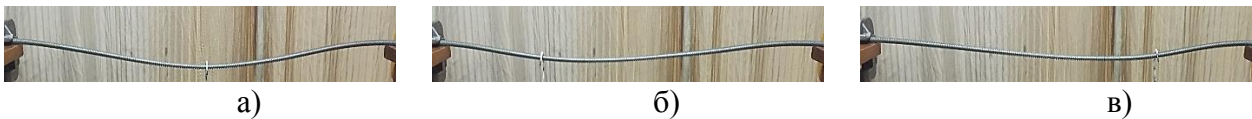


Рисунок 7 – Изгиб вала от силы P действующей

в точке $\frac{a=L_b}{2}$ для а), в точке $\frac{a=L_b}{4}$ для б) и в точке $\frac{a=3L_b}{4}$ для в)

Таким образом на основе зеркальной симметрии с использованием двух систем координат создана универсальная математическая модель поперечных колебаний вала и каната от воздействия сосредоточенной нагрузкой. Модель описывает вынужденные и свободные ко-

лебания, а также установившийся режим. Учет внутреннего вязкого трения обеспечивает исследование затухающих колебаний.

Библиографический список

1. Кошляков Н.С. Уравнения в частных производных математической физики [Текст]: учеб. пособие для мех.-мат.ун-тов / Н.С. Кошляков, Э.Б. Глинер, М.М. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1970. – 712 с.
2. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления [Текст] / Н.С. Пискунов, т.2. Учебник для вузов. – М.: Интеграл-Пресс, 2001. – 544 с.
3. Фарлоу С. Уравнения с частными производными для научных работников и инженеров [Текст] / С. Фарлоу, пер. с англ.-Мир, 1985. – 384 с.
4. Феодосьев В.И. Сопrotивление материалов [Текст] / Учеб. для вузов. - 1-е изд., перераб. и доп. / - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. - 592 с.
5. Беляев Н.М. Сопrotивление материалов [Текст] / Н. М. Беляев, Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. - 608 с.
6. Привалов И.И. Аналитическая геометрия [Текст] / И.И. Привалов, Наука, Физико-математическая литература, Москва, 1966. – 272 с.
7. Курс общей физики. Механика [Электронный ресурс] / Учебник, глава 8.6. Движение тел в жидкостях и газах <https://phys.bspu.by/static/um/phys/meh/1mehanka>.

РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ПРЕДПРОСМОТРА ФАЙЛОВ MICROSOFT OFFICE

Гурин И.А., Першин А.А., Блинков А.С.

*Уральский федеральный университет имени Первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия*

Тенденция развития современных информационных технологий характеризуются переходом к облачным вычислениям и хранению информации на облачных сетевых хранилищах. Если рассмотреть данный процесс с точки зрения работы с электронными документами, то он предполагает переход от работы с офисными приложениями на локальной машине пользователя к работе с облачными веб-сервисами, в которых происходит заполнение, обработка и генерация готовых текстовых документов, электронных таблиц и др. Документы, которые раньше создавались, редактировались и хранились локально, сейчас сохраняются на удаленных сетевых дисках. При передаче таких документов по электронным каналам связи или их печати существует необходимость их предпросмотра.

Microsoft Office является одним из наиболее популярных офисных пакетов приложений, включает в себя программное обеспечение (ПО) для работы с различными типами документов: текстами, электронными таблицами, презентациями и т.д. Браузеры не поддерживают открытие файлов этого офисного пакета, поэтому в работе рассмотрены методы предварительного просмотра документов различных форматов Microsoft Office при разработке веб-сервисов.

Документы Microsoft Office распространяются в двух форматах. Так, документы в старом формате (файлы с расширениями DOC, XLS, PPT) являются бинарными файлами. Начиная с версии Microsoft Office 2007 документы создаются в новом формате (файлы с расширениями DOCX, XSLX, PPTX) и представляют собой файлы в открытом формате Office Open XML. Office Open XML – серия форматов файлов для хранения электронных документов пакетов офисных приложений – в частности, Microsoft Office. Формат представляет собой zip-архив, содержащий текст в виде XML, графику и другие данные [1].

Работа с документами в старых форматах затруднена из-за сложности их структуры, которая создавалась для работы на компьютерах малой производительности и предназначена для ускорения открытия и сохранения файлов. Работа с файлами в новом формате, наоборот,

достаточно проста за счёт открытости формата.

Для реализации просмотра и редактирования файлов Office в браузере применяется Office Online Server. Это серверное ПО, которое предоставляет возможности службы Office множеству локальных компьютеров и при этом является легко масштабируемым решением по мере изменения требований организации [2]. Такой подход является дорогостоящим и используется для полноценного взаимодействия с электронными документами, в том числе применения к ним средств перевода, иммерсивного средства чтения и др.

Для предпросмотра достаточно преобразование страниц электронных документов в изображения (превью). Такие преобразования можно выполнить различными способами:

1. Библиотеки сторонних разработчиков. Такие программные продукты, как Spire.OfficeViewer [3], ASPOSE [4], iDiText [5], включают функционал по просмотру, редактированию и конвертированию электронных документов. Они распространяются по принципу платной подписки, поэтому не рассматриваются в работе. Свободно распространяемые библиотеки включают только функции чтения и редактирования файлов, но не позволяют конвертировать их в другие форматы или получать миниатюры страниц. Также чаще всего они предназначены только для работы с файлами Microsoft Office в новом формате и только с одним из офисных приложений – Word, Excel или PowerPoint.

2. Технология COM Interop. Задачей COM Interop является обеспечение доступа к существующим компонентам COM без необходимости модификации оригинальных компонентов. COM (Component Object Model – Объектная модель компонентов) – технология от компании Microsoft, заключающаяся в создании программного обеспечения на основе различных взаимодействующих компонентов, каждый из которых доступен для использования многими программами и процессами. На основе COM были созданы технологии: Microsoft OLE Automation, ActiveX и другие [6]. Данная технология позволяет создавать и редактировать документы любой сложности.

На базе технологии COM Interop предложен алгоритм получения превью электронных документов. Он включает следующие этапы:

1. Открытие электронного документа программным способом. Для работы необходимо наличие установленной версии Microsoft Office на целевой платформе и подключение библиотек для взаимодействия с COM-объектами. Для работы с Word используется Microsoft.Office.Interop.Word, с Excel – Microsoft.Office.Interop.Excel, с PowerPoint – Microsoft.Office.Interop.PowerPoint. Для открытия файла указывается соответствующее приложение, при этом работа с документами в старом и новом форматах осуществляется идентично.

2. Сохранение документа в формате XPS. XPS – открытый графический формат фиксированной разметки на базе XML, разработанный компанией Microsoft. Функциональность направлена исключительно на документооборот – он простой и легкий, использует векторную непоследовательную разметку, поддерживает многопоточную работу и представления, безопасен (не поддерживает скрипты), поддерживает шифрование и цифровые сертификаты [7]. Экспортирование в формат XPS включено в продукты Microsoft Office и выполняется по технологии COM Interop. Таким образом, осуществляется приведение текстовых документов, электронных таблиц, презентаций в единый формат.

3. Получение изображений страниц открытого формата XPS. Преобразование выполняется с помощью библиотек, например, распространяемая по лицензии GPL библиотека *xps2img* для платформы .NET. При конвертировании указывается формат изображения (PNG, JPEG, GIF и др.) и DPI.

На основе предложенного алгоритма разработан веб-сервис, реализующий функцию предварительного просмотра файлов Microsoft Office. Архитектура веб-сервиса представлена на рисунке 1.

Веб-сервис включает следующие возможности:

- загрузка файлов Microsoft Word, Excel, PowerPoint и возможность просмотра их отдельных страниц в виде изображений;
- регистрация в сервисе и личный кабинет с отображением списка загруженных поль-

зователем файлов;

- получение прямой ссылки для доступа к предварительному просмотру файла;
- API для загрузки файлов, получения информации о процессе их обработки и ссылок на изображения страниц документа. Программный интерфейс построен на архитектурном стиле REST, работает по протоколу HTTP. Для доступа к интерфейсу используется специальный ключ доступа, уникальный для каждого пользователя сервиса.

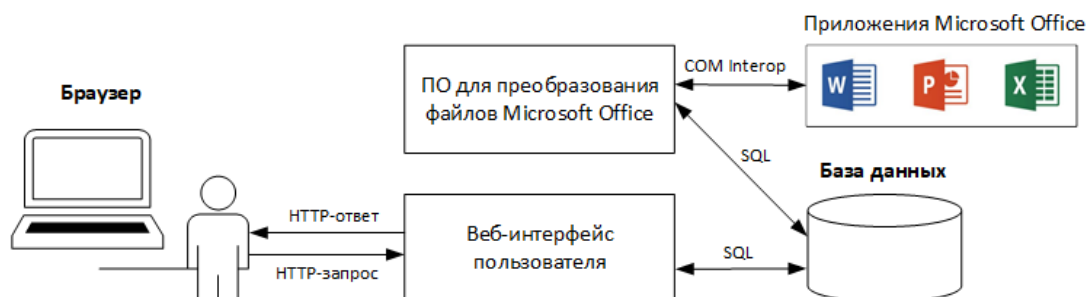


Рисунок 1 – Архитектура веб-сервиса предпросмотра файлов Microsoft Office

Для реализации принципа асинхронности в программировании программный продукт разделен на две части – веб-интерфейс пользователя и ПО для получения превью страниц файлов Microsoft Office. Процесс преобразования файлов является ресурсоемким, его продолжительность зависит от размера документа и количества страниц в нём. Такой принцип позволяет работать с сервисом независимо от состояния процесса обработки загруженных файлов. ПО для преобразования файлов Microsoft Office представляет собой консольное приложение, которое периодически получает информацию о новых файлах, которые необходимо преобразовать. ПО последовательно осуществляет преобразование файлов офисных форматов вначале в формат XPS, а затем в изображения. ПО располагается на сервере, на котором установлены продукты Microsoft Office, и взаимодействует с ними по технологии COM Interop. ПО для преобразования файлов Microsoft Office написано на языке программирования C# для платформы .NET Framework 4.6. В качестве СУБД используется PostgreSQL, взаимодействие с которой осуществляется по технологии Entity Framework.

Веб-интерфейс пользователя написан на языке программирования C# для платформы .NET Core с использованием фреймворка ASP.NET Core и концепции MVC. В качестве шаблона для оформления страниц применяется Bootstrap версии 4. На рисунке 2 представлена главная страница веб-сервиса.

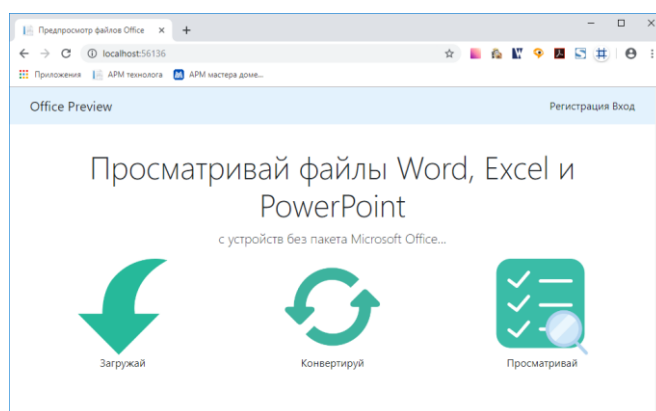


Рисунок 2 – Главная страница веб-сервиса предпросмотра файлов Microsoft Office

Для каждого загруженного файла в базе данных хранится следующая информация: время загрузки документа, имя файла и его разрешение и размер, количество страниц, информация о его состоянии, строковый идентификатор для доступа к предварительному про-

смотрю по прямой ссылке и идентификатор пользователя, которым загружен файл. Главная страница личного кабинета пользователя, на которой осуществляется загрузка файлов и просмотр информации о ранее загруженных документах, представлена на рисунке 3.

Хранение информации о состоянии процесса обработки файла необходимо для взаимодействия между веб-интерфейсом и ПО для преобразования файлов. В случае, если файл не может быть обработан, пользователь получает информацию об ошибке. Ошибки могут возникать, если загруженный файл имеет слишком большой размер или неподдерживаемый формат, либо произойти на одном из этапов конвертирования исходного файла в изображения.

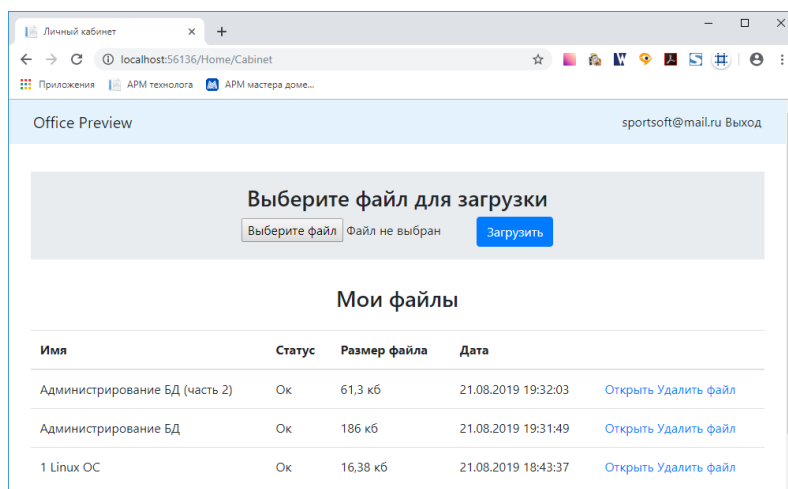


Рисунок 3 – Главная страница личного кабинета в веб-сервисе предварительного просмотра файлов Microsoft Office

В ходе работы рассмотрены различные способы предварительного просмотра офисных документов в веб-сервисах. На основе метода преобразования документов в открытый формат XPS разработан соответствующий веб-сервис. В дальнейшем планируется реализация механизмов обработки и поиска информации в документах.

Библиографический список

1. Office Open XML [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Office_Open_XML (дата обращения 20.09.2019).
2. Обзор Office Online Server [Электронный ресурс] // Microsoft Docs: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/officeonlineserver/office-online-server-overview> (дата обращения 20.09.2019).
3. Spire.OfficeViewer for .NET [Электронный ресурс] // E-ICEBLUE: Your Office Development Master: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://www.e-iceblue.com/Introduce/spire-office-viewer-net.html> (дата обращения 20.09.2019).
4. Aspose.Total Product Family [Электронный ресурс] // Aspose Pty Ltd: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://products.aspose.com/> (дата обращения 20.09.2019).
5. PDF/Word/Excel tools for .NET developers [Электронный ресурс] // iDiTect: Professional .NET PDF, Word, Excel SDK: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://www.iditect.com/> (дата обращения 20.09.2019).
6. Сухов К. Возможности языка PHP. Работа с приложениями посредством технологии COM / К. Сухов. Системный администратор. 2010. № 3. С. 70-74.
7. XML Paper Specification [Электронный ресурс] // Википедия. Свободная энциклопедия: [web-сайт]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/XML_Paper_Specification (дата обращения 20.09.2019).

КОМБИНИРОВАННЫЕ СХЕМЫ ТЕПЛОвого КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ТОНКИХ ПЛАСТИН

Галдин Д.А.

*Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,
г. Новокузнецк, Россия*

Рассматривается метод теплового неразрушающего контроля (ТНК), предназначенный для обнаружения несплошностей в тонких пластинах. Анализируется информативность комбинированных процедур при различных вариантах расположения нагревателя и тепловизора относительно объекта контроля. Сравняются результаты контроля при различном качестве исходных данных. Проверена адекватность предложенного метода.

Для обнаружения дефектов в тонких пластинах используются активные методы теплового контроля, подразумевающие нагрев исследуемого объекта при помощи различных источников тепла. Температурные поля объекта в таких экспериментах регистрируются при помощи тепловизионной аппаратуры.

Автоматизированная обработка динамических термограмм, отражающих изменяющиеся температуры на поверхности объекта во время нагрева, позволяет обнаружить дефект и определить его форму или установить его отсутствие. Полезным в этом случае является дифференциальный температурный сигнал ΔT , отражающий разность фактически измеренного поля температур и эталонного поля на поверхности бездефектного объекта [1].

Если поперечная диффузия тепла в исследуемой пластине незначительна, то в первом приближении месторасположение дефекта можно оценить, рассмотрев поведение каждой точки поверхности исследуемого объекта по отдельности, — независимо от соседних точек.

Нарушения сплошности материала в теории ТНК представляются слоем материала, который заполнен воздухом. Поскольку коэффициент теплопроводности воздуха много меньше коэффициента теплопроводности материала, передняя (нагреваемая) сторона в дефектной области греется быстрее чем в бездефектной. По той же причине на задней (противоположной нагреваемой) стороне пластины точки с дефектом нагреваются медленнее точек без дефекта. В связи с этим, при оптическом нагреве пластины, в дефектной области на передней и задней сторонах пластины образуется тёплые и холодные пятна соответственно (рисунок 1) [1].

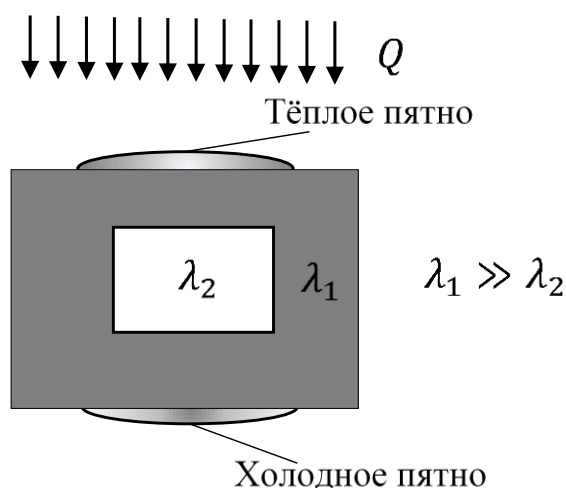


Рисунок 1 — Тепловые процессы в дефектной структуре

Температура на поверхности бездефектной области может быть определена следующим образом: $T_{nd}(t) = T_0 + T_h(t)$, где T_0 - начальная температура объекта без нагрева (обыч-

но равна температуре помещения); $T_h(t)$ - температура, обусловленная нагревом. Координаты бездефектной точки задаются оператором системы контроля.

В дефектной области, температуру на поверхности объекта можно принять за $T_d(t) = T_0 + T_h(t) + T_{hd}(t)$, где $T_{hd}(t)$ - изменения температуры, обусловленные наличием дефекта. При этом на передней стороне $T_{hd}(t) > 0$, а на задней $T_{hd}(t) < 0$.

Обработка динамических термограмм, полученных при помощи тепловизора, позволяет получить цифровой температурный сигнал $T[x, y, t]$, где x, y - координаты пикселя на кадре, t - номер кадра. Тогда дифференциальный температурный сигнал в точке $[x, y]$ можно определить как:

$$\Delta T[x, y, t] = T[x, y, t] - T[x_{nd}, y_{nd}, t] = T_{hd}[x, y, t], \quad (1)$$

где x_{nd}, y_{nd} — координаты пикселя без дефекта [1].

На практике нагрев бездефектного объекта лампами не всегда приводит к равномерному распределению температуры на его поверхности. Это обстоятельство может быть объяснено разными причинами: загрязнением нагревающей лампы, влиянием отражённого излучения; концентрацией света от лампы на поверхности пластины, связанной с расположением нагревателя или формой объекта и др. Иными словами, температурный сигнал $\Delta T[x, y, t]$ будет содержать шумы, зависящие от времени и пространства.

Из процессов, рассмотренных на рисунке 1 и формулы (1) естественным образом вытекает признак, по которому можно определить наличие или отсутствие дефекта в исследуемой области пластины: точка поверхности пластины $[x, y]$ находится над дефектом, расположенным внутри пластины, если при равномерном нагреве пластины в этой точке, в момент времени t , на передней стороне сигнал $\Delta T[x, y, t] > 0$, а на противоположной стороне $\Delta T[x, y, t] < 0$.

Предложенный признак требует наличия данных о распределении температур как на передней, так и на задней сторонах объекта. Поскольку процедура в этом случае будет сочетать в себе как одностороннюю, так и двустороннюю процедуры контроля, её можно считать комбинированной. Благодаря использованию дополнительной информации о распределении температур на противоположной стороне объекта, комбинированная процедура контроля позволяет уменьшить влияние шумов, затрудняющих нахождение дефектов.

Комбинирование температурных сигналов с передней и задней стороны предлагается осуществить путём перемножения значений $\Delta T[x, y, t]$ передней стороны, на значения инвертированного и зеркально отражённого сигнала $\Delta T[x, y, t]$ задней стороны, для соответствующих значений аргументов x, y, t . Зеркальное отражение задней стороны слева направо осуществляется ввиду необходимости снимать объект с противоположной стороны. Инверсия сигнала осуществляется при помощи следующего преобразования:

$$\Delta T[x, y, t] := \max_{x, y, t} \Delta T[x, y, t] - \Delta T[x, y, t]$$

, и нужна для увеличения наглядности результатов и упрощения их интерпретации. Значения сигнала при этом удобно (но не обязательно) отобразить на отрезок $[0, 1]$, где ноль соответствует минимальному значению сигнала, а единица — максимальному. Это исключает возможность переполнения переменной и упрощает работу с сигналом (инвертирование, отрисовка и др.).

Такая комбинация исключает из результирующего сигнала случайные «засветы», тёплые пятна, связанные с неравномерностью нагрева, и уменьшает количество шумов, связанных с поперечной тепловой диффузией (которая всегда присутствует на практике, несмотря на то что не всегда учитывается в моделях). Полученный комбинированный сигнал имеет высокие значения в тех областях пластины, где на передней стороне была повышенная тем-

пература, а на задней - пониженная (рисунок 2).

Для проверки предложенного метода комбинации сигналов, в качестве объекта контроля была взята пластина из слоистого углепластика с дефектом-расслоением, расположенным параллельно плоскости пластины (рисунок 3.1). Дефект смещён от центра пластины как по длине, так и по глубине (рисунок 3.2).

Съёмка тепловых полей исследуемой пластины осуществлялась тепловизором RGK TL-80, который позволяет записать прогресс нагрева в видеофайл. Способ получения температурных сигналов из видеофайлов и их последующая очистка от шумов детально разобрана в [2]. В качестве оптического нагревателя использовался моноблок AXIO RX-200 с различными лампами накаливания. Лампы менялись с целью получения температурных сигналов разного уровня качества (малая мощность даёт сигнал низкого качества, большая — высокого). В эксперименте использовались следующие типы ламп: рефлекторная 60 Вт, грушевидная 150 Вт, грушевидная 200 Вт, рефлекторная ИК лампа 250 Вт, грушевидная 300 Вт.

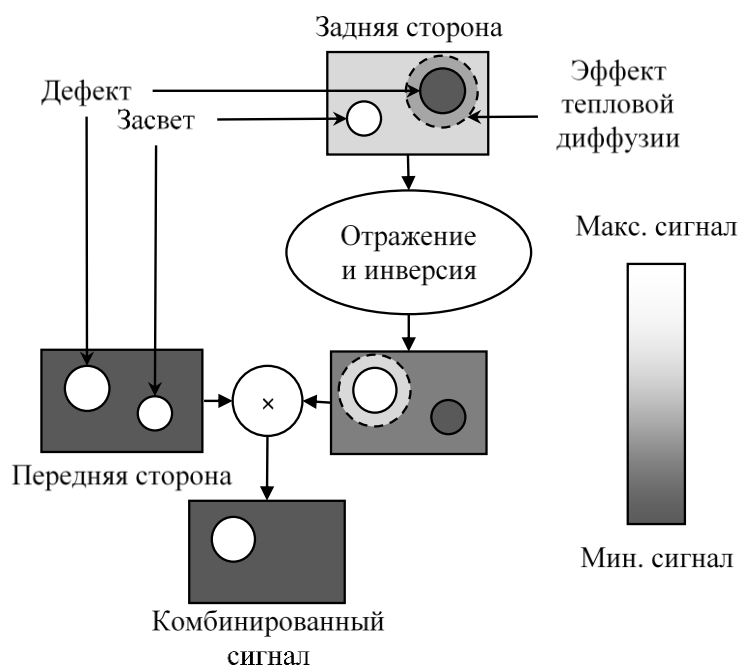


Рисунок 2 — Комбинирование сигналов

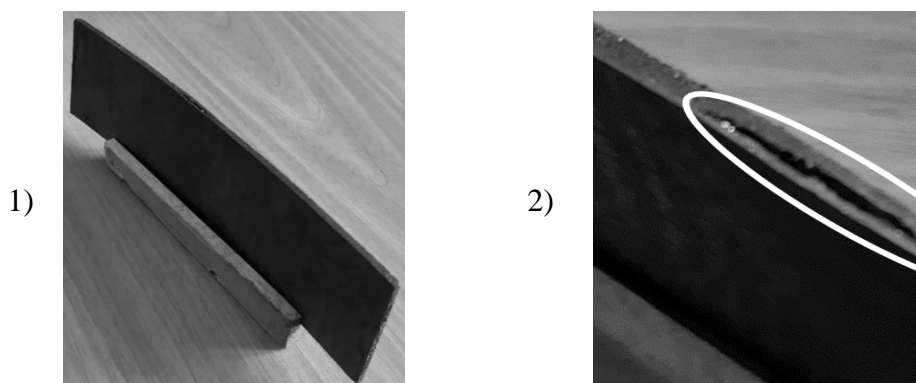


Рисунок 3 - фотография объекта: 1) целиком; 2) область дефекта

Каждый замер подразумевает нагрев пластины определённой лампой накаливания в течении десяти секунд. Сначала пластина нагревается с одной стороны, затем с другой (по два замера на каждую сторону). После того как были сняты первые четыре замера, лампа в нагревателе менялась на другую и замеры повторялись заново. После каждого замера объект остывал в течении четырёх минут. Схема эксперимента представлена на рисунке 4.

Полученные комбинированные сигналы, можно изобразить визуально, как это показано на рис. 5. Здесь светлые пиксели показывают области, где значение сигнала больше (области дефекта), а чёрные, - где меньше (бездефектные области).

Эксперименты с маломощной лампой (60 Вт) показывают, что дефекты видны даже в условиях очень слабых температурных сигналов (На передней стороне $\max_t |\Delta T[t]| = 1,0^\circ\text{C}$, на

задней - $\max_t |\Delta T[t]| = 0,6^\circ\text{C}$). Однако в этом случае вместе с дефектом на поверхности появляются и случайные артефакты, что на практике может привести к неверной интерпретации результатов контроля (рисунок 5.1).

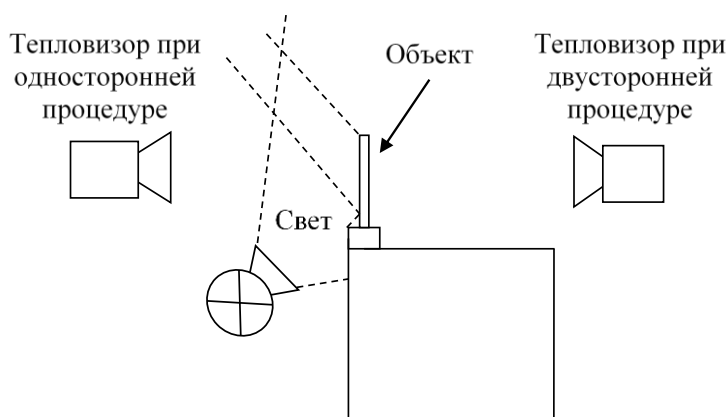


Рисунок 4 — Схема эксперимента (вид сбоку)

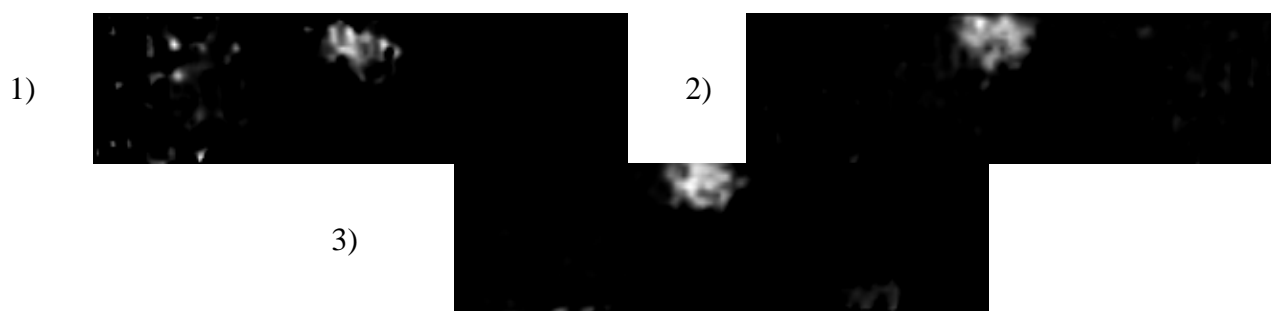


Рисунок 5 — Примеры результатов эксперимента с разными лампами:

1) рефлекторная лампа 60 Вт; 2) грушевидная лампа 150 Вт; 3) грушевидная лампа 300 Вт.

Неразрушающий контроль по схеме, представленной на рисунке 4, требует либо проведения двух отдельных экспериментов (одностороннего и двустороннего), либо одновременной съёмки двумя тепловизорами. В первом случае эксперимент осложняется невозможностью достижения одинакового поведения объекта в двух отдельных процедурах, из-за чего уменьшается точность полученных результатов. Во втором случае увеличивается цена эксперимента и возникает необходимость в разработке программных средств, обеспечивающих синхронную съёмку двумя тепловизорами. Этих проблем можно избежать, осуществив одновременную съёмку двух сторон одним тепловизором при помощи отражающих инфракрасное излучение зеркал, принцип использования которых описан в [3]. Результаты эксперимента при съёмке с зеркалами тоже позволяют обнаружить дефект в пластине, однако сама процедура становится значительно проще для исполнения (рисунок 6).

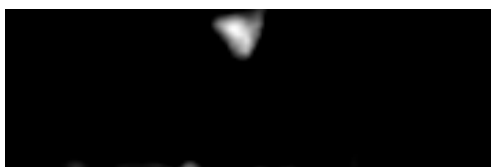


Рисунок 6 - Результаты эксперимента при съёмке с помощью зеркал

Для оценки адекватности полученных результатов, было проведено сравнение отношений расстояния от левой кромки пластины до краёв дефекта, к общей длине верхней кромки пластины (рисунок 7). Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Из результатов сравнения видно, что при увеличении мощности нагревающей лампы уменьшается ошибка определения координат дефекта. При этом лучшие результаты показывает рефлекторная лампа с мощностью 250 Вт, а не грушевидная лампа с мощностью 300 Вт, что можно объяснить более направленным потоком нагревающего излучения, обусловленным отражающим слоем рефлекторной лампы. Различия в точности обнаружения левого и правого края дефекта обусловлены сильным сужением дефекта с правой стороны, которое можно увидеть на рисунке 3.2.

Основными сложностями при использовании предложенного признака является ровное наложение температур с передней стороны пластины на заднюю в процессе комбинации сигнала и синхронное начало записи термограмм для обеих сторон.

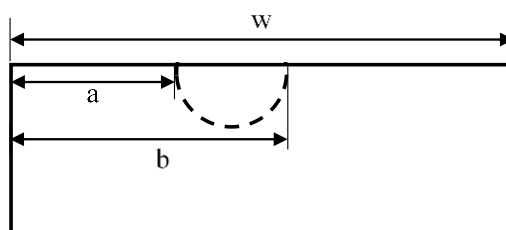


Рисунок 7 — относительные координаты дефекта

Таблица 1 - Оценка полученных результатов

Наблюдаемые значения									
a, см	7,9	b, см	10	w, см	19,8	a/w	0,384	b/w	0,505
Расчётные значения									
Лампа	рефл. 60 Вт	груш. 150 Вт	груш. 200 Вт	рефл. 250 Вт	груш. 300 Вт				
a/w	0.419	0.379	0.366	0.391	0.383				
b/w	0.602	0.548	0.552	0.519	0.566				
$\Delta a/w$	0.035	-0.004	-0.018	0,007	-0,0003				
$\Delta b/w$	0.097	0.043	0,047	0,015	0,061				
$\Delta a/w$, см	0,7	-0,1	0,4	0,1	0				
$\Delta b/w$, см	1,9	0,8	0,9	0,3	1,2				

Проблемы с наложением термограмм для передней и задней стороны пластины решаются путём задания подходящей расчётной сетки на обеих термограммах. Каждая точка заданной расчётной сетки должна иметь соответствующую точку на расчётной сетке противоположной стороны. Для тонких пластин прямоугольной формы задача задания расчётной сетки тривиальна, однако исследование объектов более сложной формы может сделать этот вопрос значительно труднее.

Синхронизацию съёмки по времени можно осуществить, подавая условный знак о начале нагрева во время эксперимента или используя специальные программные средства для автоматического начала съёмки. В экспериментах, проведённых в рамках данной работы, при рассинхронизации начала нагрева в 0.5-1 секунды всё ещё удавалось получить удовлетворительные результаты. Однако во всех рассмотренных случаях одновременная съёмка оставалась предпочтительнее двух отдельных экспериментов.

Библиографический список

1. Вавилов, В. П., Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов, — Москва: издательский дом «Спектр», 2013 — 544 с.
2. Галдин, Д. А. Модель тепловизионной измерительной системы для регистрации температур при тепловом неразрушающем контроле [Текст] / Д. А. Галдин // Краевые задачи

и математическое моделирование: темат. сб. науч. ст. — Новокузнецк, 2019 — с. 20-26.

3. Будадин О. Н., Кульков А. А., Козельская С. О., Каледин В. О., Вячкин Е. С. Способ ультразвуковой термотомографии и устройство для его осуществления // Патент России № 2686498. 2019. Бюл. № 13.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION

Ермоленко И.М., Цыбрий И.К., Мороз К.А., Шилеев К.В., Сыроватка В.Н.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

В настоящее время в связи со значительным увеличением объемов производства радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), возникает потребность в автоматизации проектирования и подготовки производства для уменьшения сроков и стоимости создания изделий, так как все возможные проблемы должны быть устранены на начальном этапе, пока стоимость их решения минимальна. Если поломка, связана с тепловой перегрузкой компонента, обнаружена на конечном этапе разработки проекта, затраты на исправление ошибок могут оказаться значительными. В связи с этим необходимо учитывать тепловые нагрузки на стадии разработки, с использованием современных систем автоматизированного проектирования (САПР) с учетом самых жестких рабочих температур [1, 2].

Одним из основных направлений автоматизации является внедрение и использование технологий инженерного анализа. Поэтому все большее распространение получают новые методы инженерного анализа и расчетов компонентов РЭА, в частности анализа и решения расчетных задач, связанных с распределением тепловых полей. Тепловой анализ блока используется, чтобы определить распределение тепловой энергии в изделии. Приложенные нагрузки включают генерацию теплоты, конвекцию, радиацию (излучение), поток теплоты, приложенные температуры и радиацию тела к телу. Изменение тепловых характеристик теплового излучения свидетельствует об изменении работы устройства. Для некоторых элементов увеличение интенсивности теплового излучения характеризует перегрев, связанный с возможными дефектами. Вовремя обнаруженные дефекты дают возможность заблаговременно определить меры по предупреждению выхода из строя деталей или устройства в целом. Необходимо убедиться, что при использовании оборудования в самых жестких рабочих условиях температуры переходов не превышают определённые границы. Для снижения температуры элементов необходимо использовать теплоотводы и вентиляцию [3].

Техническим результатом предлагаемого исследования является улучшение технических и эксплуатационных характеристик, как системы электропитания, так и РЭА в целом, и в том числе повышение надежности, улучшение массогабаритных показателей.

В программе SolidWorks мы спроектировали объемную модель блоков РЭА, входящих в состав радара. При реализации модуляции модель блока упрощаем, исключая крепеж, который создаст интерференцию поверхностей в сборке. Выполняем заглушки в корпусе, для создания активного охлаждения и атмосферного давления среды. Создание условий входа и выхода воздуха реализуются с внутренней стороны заглушки. Конструкция блока имеет в своем составе корпус, тепловыделяющие элементы, крепления плат. Блок спроектирован таким образом, чтобы тепловыделяющие элементы непосредственно соприкасались с радиатором. Значение теплового сопротивления материалов зависит от числа расположенных на радиаторе модулей. Стремительное увеличение источников тепла приближает реальную модуляцию к этому идеальному варианту, задающую минимально возможную величину сопротивления.

Конечным шагом в задании параметров является постановка инженерной задачи, в которой будут определены: температуры теплогенерирующих компонентов, роста температуры воздуха, а также перепада давления и массового расхода в корпусе. Для вычисления

программе потребуется от 20 минут до нескольких часов, в зависимости от детализации сборки и поставленной задачи.

Выполнение теплового анализа с использованием SolidWorks Flow Simulation даёт возможность исследовать проект как количественно, так и качественно. Количественные результаты (максимальная температура компонентов, перепад давления и рост температуры воздуха) позволяют выяснить, приемлема ли конструкция спроектированных блоков РЭА. При просмотре качественных результатов четырех рассматриваемых блоков (модель воздушного потока, модель теплопроводности твёрдых тел, картина теплового поля) программа даёт нам необходимую информацию о местоположении проблемных участков или о слабых сторонах конструкции и в дальнейшем позволяет улучшить или оптимизировать изделие.

Начальные условия температуры окружающего воздуха в компьютерном эксперименте +50 градусов. Общая тепловыделяющая мощность блока составит 3,7 кВт тепла, на каждую ячейку приходится 0,35 кВт. Совокупная мощность всасывание воздуха ячейками составила $5\text{ м}^3/\text{с}$. Для обеспечения хорошей обтекаемости холодным воздухом всех элементов конструкции, особенно теплонагруженных, на выходе был установлен блок вентиляторов, с объемом на выходе $6\text{ м}^3/\text{с}$ (на 20 % превышает входной поток). При этом температура ячеек составит 72°C . На третьем этапе моделирования выходной поток превышает входной поток на 40%, объемом на выходе теперь составляет $7\text{ м}^3/\text{с}$. При этом температура ячеек составит 60°C (рисунки 1 и 2).

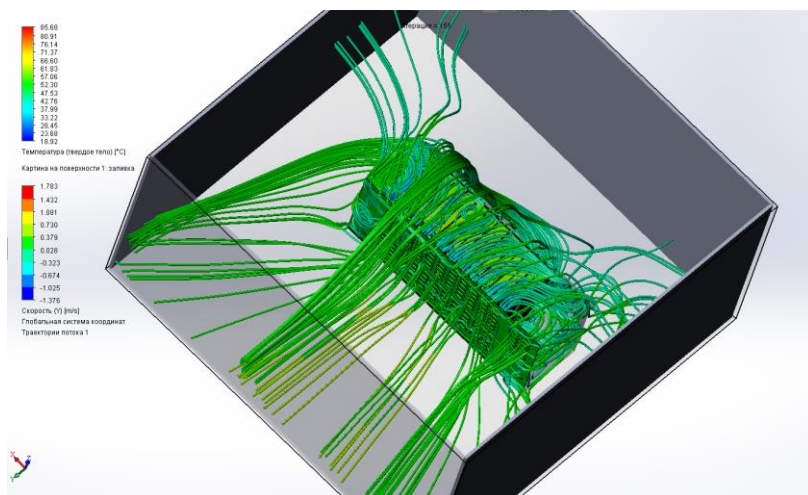


Рисунок 1 – Температура блока и траектория давления воздуха

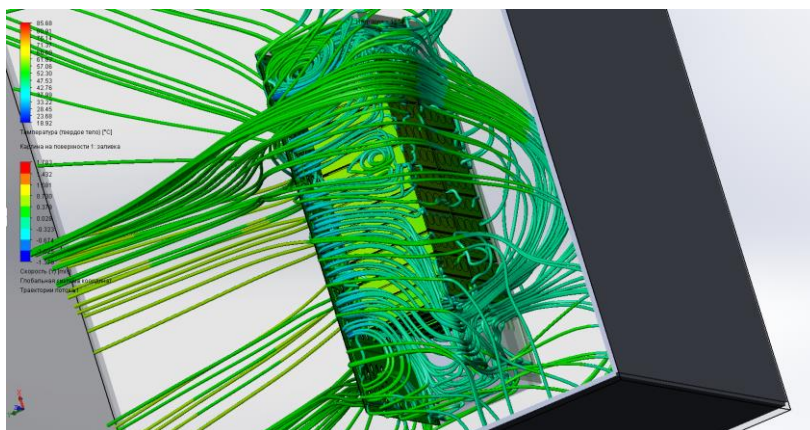


Рисунок 2 – Температура блока и траектория давления воздуха, в замкнутом пространстве

В нашей работе были проанализированы траектории потока воздуха для оптимизации расположения элементов, для определения наименьшего сопротивления воздушному потоку. Конструкция должна отвечать следующим требованиям: обеспечивать малое аэродинамическое сопротивление, способствовать хорошему доступу холодного воздуха к теплонагруженным элементам. Предложенная приточно-локальная система воздушного охлаждения позволяет наиболее целесообразно организовать воздушные потоки.

Для подтверждения исследований, проведенных в программном пакете SolidWorks Flow Simulation, блоки РЭА подвергались испытанию по работе при температурах -50°C и $+50^{\circ}\text{C}$. Испытания проходили в двух типах камер PSL-4GM и VT 7021 (см. таблицу 1).

Контроль параметров испытываемых блоков проводят после установления теплового равновесия с исключением возможности доставать блок из камеры. При невозможности снятия выходных параметров блока без извлечения из камеры, допускается вытащить блок из камеры для измерения, но на время измерения выходных параметров не более 3 мин, если время не прописано в технических условиях. Температурный диапазон в камерах для испытаний держится на одном уровне автоматически включением или выключением части греющихся элементов или холодильного оборудования. Для определения температуры внутри камеры и ее регулировки используют контактные ртутные термометры, электронные мосты, потенциометры, при этом термочувствительными приборами являются термопары.

Таблица 1 – Сравнение температуры компьютерного моделирования и климатического испытания

Наименование	Температура в SolidWorks Flow Simulation	Температура в климатической камере
Блок 1	63	65
Блок 2	-38	-39
Блок 3	81	78
Блок 4	80	83

Исследования показали, что все четыре блока РЭА полностью подтвердили температурные режимы, рассчитанные в Solidworks Flow Simulation с максимальным отклонением $\pm 3,0^{\circ}\text{C}$. Таким образом проведенное исследование подтвердило наши более ранние работы, а также работы наших коллег [4, 5] по моделированию работы разрабатываемой РЭА.

Библиографический список

1. Соловьёв А.Н. Моделирование процесса охлаждения элементов радиоэлектронной аппаратуры в SOLIDWORKS / А.Н. Соловьёв, Л.В. Глазунова // Вестник Донского государственного технического университета. - 2010. - Т. 10. - № 4 (47). - С. 466-473.
2. Гончаров М. Моделирование тепловых режимов работы аппаратуры силовой электроники в среде SOLIDWORKS FLOW SIMULATION / Гончаров М., Дворников В. // Силовая электроника. - 2010. - № 25. - С. 98-100.
3. Билибин К.И. Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: учеб. для вузов / К. И. Билибин, А. И. Власов, Л. В. Журавлева и др.; ред. В. А. Шахнов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, - 2002. – 528 с.
4. Филиппов А.В. Метод прогнозирования качества технологического процесса в массовом производстве / А.В. Филиппов, И.К. Цыбрый // Успехи современного естествознания. - 2012. - № 6. - С. 60-62.
5. Ермоленко И.М. Моделирование процесса охлаждения элементов радиоэлектронной аппаратуры в SOLIDWORKS / И.М. Ермоленко // Инновационное развитие. - 2018. - № 10 (27). - С. 15-17.

РЕГИСТРАЦИЯ ОКУЛОМОТОРНОГО ОТКЛИКА НА АДДУКЦИЮ И АБДУКЦИЮ ГЛАЗ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОГАРНИТУРЫ EMOTIV EROS+

Никитенко М.С., Кизилев С.А., Белый А.М.

*Федеральный исследовательский центр угля и углехимии
Сибирского отделения Российской академии наук, г. Кемерово, Россия
Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк, Россия*

Введение

Основная идея концепции мобильного места оператора – организация работы с АСУ ТП на новом качественном уровне, с меньшей информационной и нервной нагрузкой для снижения вероятности совершения ошибок [1, 2].

Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ) в рамках концепции мобильного места оператора рассматривается в качестве нейро-ассистента для анализа обратной связи от оператора к АСУ ТП в процессах управления и взаимного контроля [3]. В качестве одного из примеров контроля системой управления функционального состояния оператора – регистрация факта игнорирования начальных признаков аварийной опасности, которая может производиться как на основе действий (бездействий) оператора, так и на основе окулографии.

Средства окулографии и НКИ типа Brain-Compuret Interface (BCI), как правило, представляются разными устройствами. Однако производители нейроинтерфейсов декларируют возможность эффективного объединения данных функций. При этом, в открытых источниках слабо представлена статистика по качеству окулографии и вероятности ошибки при регистрации аддукции и абдукции глаз средствами гарнитур BCI.

Чтобы определить перспективы внедрения технологии регистрации окуломоторных реакций посредством НКИ BCI в качестве нейроассистента диспетчера проведены исследования на фокусной группе по тестированию её функциональных возможностей в натуральных условиях. Лабораторные исследования окуломоторного отклика на аддукцию и абдукцию глаза проведены с использованием нейрогарнитуры Emotiv Eros+. Исследовалась вероятность ошибки отклика на отклонения взгляда в пределах до 62°, регламентированных для операторов пультов управления по ГОСТ 23000-78.

Постановка задачи

Исследуемая гарнитура нейрокомпьютерного интерфейса Emotiv EROS+ предназначена для обеспечения человеко-машинного взаимодействия в различных отраслях науки, промышленности и досуга. В отличие от стандартного медицинского ЭЭГ имеет 14 электродов вместо 19. Электроды являются пассивными, крепятся на поверхности кожи головы (неинвазивный интерфейс), требуют смачивания специальной жидкостью для лучшего контакта (мокрый интерфейс). Кроме того гарнитура оснащена гироскопом для измерения вращения головы – угла рыскания и угла тангажа и крена.

«Из коробки» гарнитура имеет следующий функционал [4, 5]:

- Распознавание мысленных команд (перемещения и повороты виртуальных объектов). Позволяет определять когнитивный сигнал и проводить обучение генерации для 12 команд через тренировку выполнения соответствующих видов движения виртуального объекта на основе детектирования вызванных потенциалов головного мозга методом ЭЭГ. Требуется длительной тренировки отдельно по каждой команде. Позволяет каждой команде присвоить определённую функцию или клавишу на клавиатуре.

- Измерение показателей эффективности работы: уровня возбуждения, вовлечённости, расслабления, заинтересованности, стресса, сосредоточенности, также на основе детектирования вызванных потенциалов головного мозга методом ЭЭГ.

- Измерение положения головы оператора в пространстве с помощью акселерометра и гироскопа (не связано с регистрацией ЭЭГ).

- Распознавание выражений лица: нескольких мимических состояний, таких как мор-

гание, поднятие и сведение бровей, улыбка и т.д., а так же движения глаз при их аддукции и абдукции. Также позволяют каждому движению присвоить определённую функцию или клавишу на клавиатуре. Важно отметить, что регистрация данных параметров производится не путём чтения нейронных сигналов мозга методом ЭЭГ, а регистрацией комплексного сигнала из мускульной, кожной и нервной активности и абсолютно не требует обучения.

Проведение исследований на фокусной группе и тестирование функциональных возможностей гарнитуры потребовало разработки методики. В основу методики легли стандартизованные параметры организации пультов управления, расположения информации в диапазоне углов визуальной доступности от оптимальных до предельных, в соответствии с ГОСТ 23000-78 (рисунок 1).

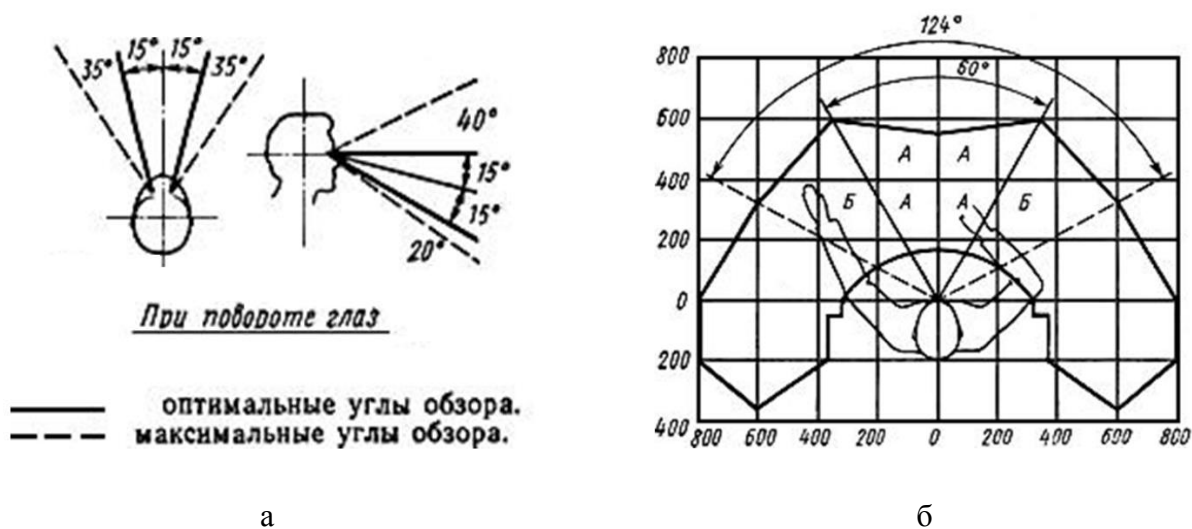


Рисунок 1 – Углы оптимальные и максимальные в пределах обзора оператора диспетчерского пульта (в соответствии с ГОСТ 23000-78), где а – для зон наиболее часто используемых в процессе управления средств отображения информации; б – для зон расположения средств отображения информации и органов управления (А - наиболее важных и часто используемых, Б – нечасто используемых)

Методология

Для проведения исследований подготовлена поверхность отображения информации, с расположенными контрольными точками на уровне глаз тестируемых (без отклонения от горизонтальной линии взора). Все контрольные точки расположены в пределах обзора оператора и зоны расположения органов управления и средств отображения информации – 124°, в соответствии с ГОСТ 23000-78.

Основными контрольными точками выбраны границы отклонения характерных углов обзора от нормальной линии взора – 15°, 30°, 35°, 62°. Значения контрольных точек отклонения от нормальной линии взора соответствовали:

- 15° – границе оптимального расположения наиболее часто используемых в процессе управления средств отображения информации при повороте глаз (без поворота головы).
- 35° – границе предельного расположения наиболее часто используемых в процессе управления средств отображения информации при повороте глаз (без поворота головы).
- 30° – границе зоны для расположения наиболее важных и часто используемых органов управления и средств отображения информации.
- 62° – границе зоны для расположения нечасто используемых органов управления и средств отображения информации в пределах обзора.

Кроме того, к основным контрольными точками добавлена дополнительная контрольная точка:

- 45° – промежуточное значение между границами зоны для расположения наиболее важных и часто используемых органов управления (30°) и нечасто используемых (62°).

Расположение контрольных точек на поверхности отображения информации в соответствии с выбранным расстоянием до глаз оператора представлено на рисунке 2.

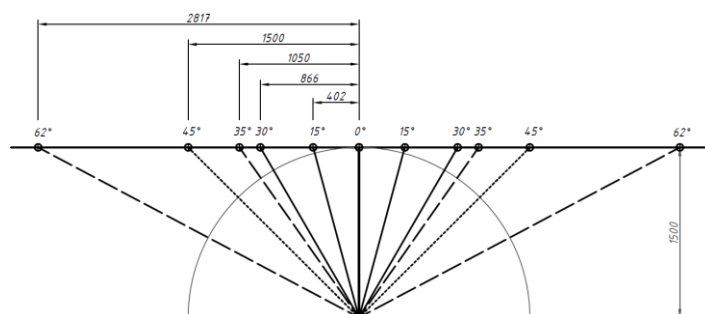


Рисунок 2 – Схема расположения контрольных точек на поверхности отображения

Для работы с функциями гарнитуры Emotiv без приобретения программного продукта EMOTIVPRO производитель предоставляет бесплатные программные приложения, которые доступны в личном кабинете на сайте, после оформления соответствующего заказа:

- EMOTIV Control Panel (в том числе Emotiv Xavier Emokey и Emotiv Xavier Composer)
- Mind Your OSCs
- EMOTIV EmoBot

Таким образом, доступный для тестирования программный функционал представлен пятью программами для возможности отправки данных гарнитур EMOTIV в виде пакетов OSC для таких программ, как Max / MSP и PureData.

В качестве тестового инструмента для проведения исследования регистрации окуломоторного отклика выбран EMOTIV EmoBot – программа регистрации и отображения мимических изменений, просмотра в реальном времени выражения лица и движения глаз с гарнитуры. Окно настроек программного бота (рисунок 3) отображает качество сигнала с контактов гарнитуры и возможность настройки чувствительности для регистрации отдельных мимических и окуломоторных изменений. Для проведения исследования устанавливалась максимальная чувствительность для регистрации движения глаз влево/вправо и минимальная для остальных мимических изменений.

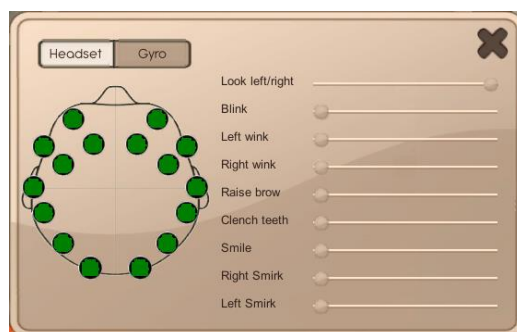


Рисунок 3 – Интерфейс окна настроек программного бота EMOTIV EmoBot

При регистрации окуломоторного отклика программным ботом возможно отображение результатов нескольких типов: факт отклонения зрачка в крайнее положение (лево/право) с последующим разновременным возвращением в исходное положение, факт отклонения зрачка с постоянной фиксацией в крайнем положении.

Методика оценки качества регистрации окуломоторного отклика заключалась в регистрации соответствия действий испытуемого и программного бота EMOTIV EmoBot. Каждому из испытуемых с надетой, включенной, настроенной и откалиброванной гарнитурой Emotiv EPOC+ давались команды на отведение и фиксацию взгляда в контрольной точке, после получения результата регистрации окуломоторного отклика гарнитурой посредством программного бота, испытуемые получали команду на возвращение взгляда в исходную точку 0°. Для каждой контрольной точки команда повторялась 30 раз при этом в произвольном

порядке чередовалось направление – вправо и влево. В эксперименте участвовали десять испытуемых, 3 женщины и 7 мужчин (в возрасте 18-40 лет, в среднем 28 лет). Никто из испытуемых ранее не выполнял подобную задачу и не знаком с принципами работы устройства. В течение эксперимента каждый испытуемый сидел в хорошо освещенной комнате, обращенным к подготовленной поверхности отображения контрольных точек на расстоянии 1,5 метров до глаз. Инструкции для выполнения задания испытуемым были даны непосредственно перед выполнением эксперимента.

Поскольку реакция программного бота при проведении предварительных запусков часто характеризовалась одновременным возвращением в исходное положение без постоянной фиксации или чередованием отклонений зрачка, в исследовании приняты следующие граничные условия и пять типов классифицируемых результатов:

0 – отсутствие результата (отсутствие отображения ботом факта отклонения взгляда испытуемым);

1 – успешный результат (точное и однозначное отображение ботом факта отклонения взгляда испытуемым в правильном направлении и фиксация его в крайнем положении более 1 секунды, либо до команды на возвращение взгляда в исходную точку 0°);

0,5 – половина результата (отображение ботом факта отклонения взгляда испытуемым в правильном направлении, но без фиксации его в крайнем положении (возврат, чередование), либо фиксация менее 1 секунды);

-1 – обратный результат (точное и однозначное отображение ботом факта отклонения взгляда испытуемым в противоположном (от команды) направлении и фиксация его в крайнем положении более 1 секунды, либо до команды на возвращение взгляда в исходную точку 0°);

-0,5 – половина обратного результата (отображение ботом факта отклонения взгляда испытуемым в противоположном (от команды) направлении, но без фиксации его в крайнем положении (возврат, чередование), либо фиксация менее 1 секунды).

При этом, показатель быстродействия и факт задержки сигнала, как по причине латентности формирования самого нейронного и мышечного сигнала на глаза [6, 7], так и при программной обработке, не учитывался и не имел влияния на полученный результат, поскольку каждая последующая команда давалась после однозначной классификации полученного результата предыдущей и возвращения взгляда в исходную точку.

Результаты и обсуждение

В итоге исследования окуломоторного отклика на разнополой, разновозрастной фокусной группе получены следующие результаты (рисунок 4).

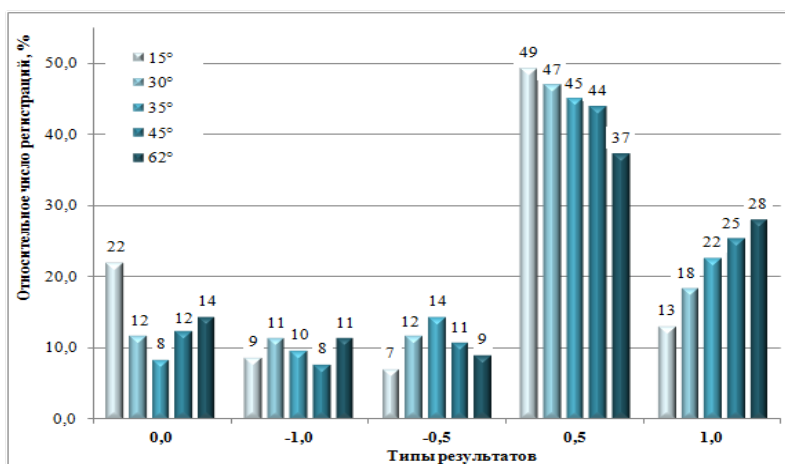


Рисунок 4 – Суммарные данные всех типов результатов регистраций окуломоторного отклика по реакции программного бота для контрольных точек

Отмечено, что наиболее часто регистрируемым результатом реакции бота на отклонение взгляда оператора являлось отображение ботом факта отклонения взгляда испытуемым в

правильном направлении, но без фиксации его в крайнем положении (быстрый возврат, чередование), либо фиксация менее 1 секунды, что соответствует классифицируемому типу «0,5».

Частота регистрации результата типа «0,5» убывает пропорционально увеличению угла отклонения взгляда оператора во всем диапазоне углов обзора.

При этом, частота регистрации успешного результата типа «1» возрастает пропорционально увеличению угла отклонения взгляда оператора во всем диапазоне углов обзора. Результат технического анализа данных представлен на рисунках 5, 6.

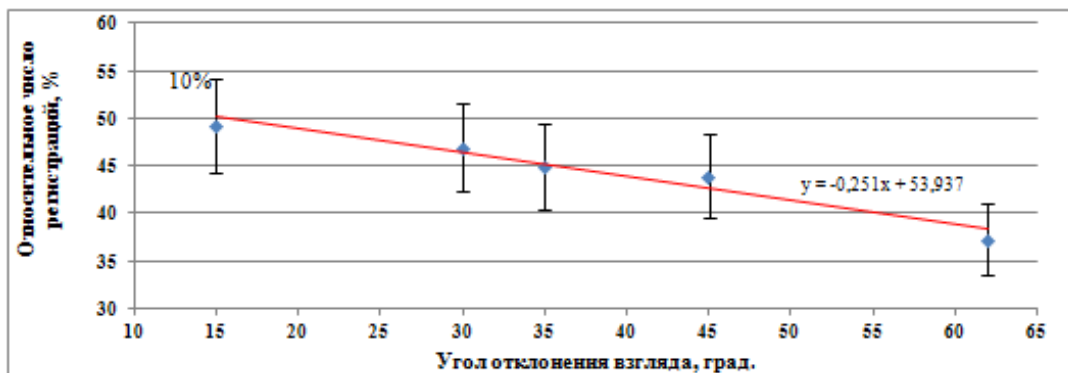


Рисунок 5 – Результаты окуломоторного отклика по реакции программного бота типа «0,5» для исследуемых углов отклонений 15°, 30°, 35°, 45°, 62°.

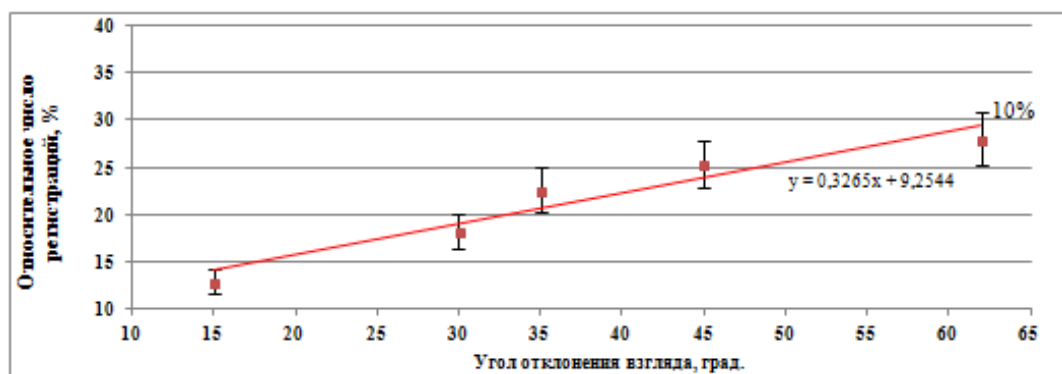


Рисунок 6 – Результаты окуломоторного отклика по реакции программного бота типа «1» для исследуемых углов отклонений 15°, 30°, 35°, 45°, 62°.

Таким образом, успешность выполнения функции гарнитуры Ерос+ по регистрации отклонения взгляда с фиксацией в верном направлении составляет не более 21% во всем диапазоне углов обзора.

Эффективность применения гарнитуры Ерос+ для простой регистрации отклонения взгляда в верном направлении без факта фиксации в отведенном положении может быть оценена сложением результатов типа «0,5» и «1». В этом случае эффективность применения гарнитуры составляет не менее 62% во всем диапазоне углов обзора (рисунок 7). При этом с превышением угла отклонения взгляда более 45° эффективность простой регистрации отклонения взгляда в верном направлении без факта фиксации снижается (рисунок 7). Также следует отметить, что наибольшее число «несрабатываний» программного бота регистрировалось для контрольной точки в 15° (рисунок 4).

Таким образом, для наиболее эффективного применения гарнитуры Ерос+ при регистрации окуломоторного отклика на аддукцию и абдукцию глаза через комплексный сигнал из мускульной, кожной и нервной активности следует располагать визуальные стимулы в зоне отклонения взгляда более 15, и не более 45 градусов.

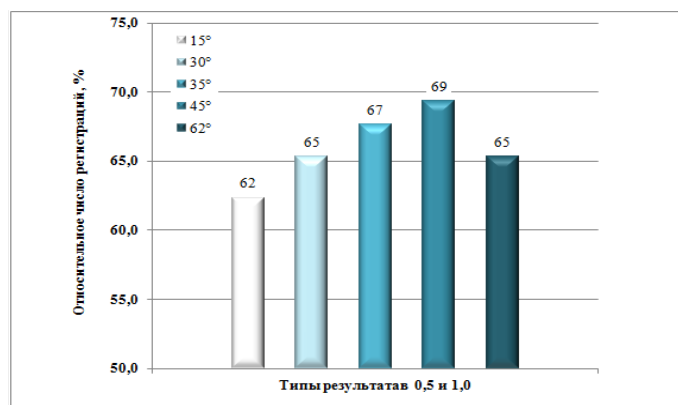


Рисунок 7 – Суммарное число результатов типа «0,5» и «1» во всем диапазоне углов обзора

Перспективой развития исследования может являться включение в методику проведения исследования видеорегистрации движения глаз и результата отображения программного бота с наложением на временную шкалу. Такое решение поможет исключить обманные реакции и изменить отнесение отдельных результатов к определенным классификационным группам. Однако, по мнению авторов, на суммарные статистические результаты в значительной степени это не повлияет.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-37-00356 «Разработка научных основ создания мобильного места оператора автоматизированной системы управления технологическими процессами добычи полезных ископаемых подземным способом на базе совмещения технологий нейрокомпьютерного интерфейса и дополненной реальности».

Библиографический список

1. Кизиллов С. А., Никитенко М.С., Neogi В. Разработка концепции создания мобильного места оператора для горнодобывающей промышленности на основе совмещения технологий нейрокомпьютерного интерфейса и дополненной реальности. Системы автоматизации в образовании, науке и производстве: Труды XI Всероссийской научно-практической конференции / Сиб. гос. индустр. Ун-т; под общ. редакцией С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. - Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2017. С. 44-47
2. Kizilov S. A., Nikitenko M. S. and Neogi B. Concept of mobile operator position based on neurocomputer interface and augmented reality. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 354 (2018), conference 1. С. 012016. doi:10.1088/1757-899X/354/1/012016
3. Nikitenko MS (2019). Basics of creating a mobile operator position concept by using brain-computer interface. *Front. Cell. Neurosci. Conference Abstract: XVI Meeting of the Portuguese Society for Neuroscience (SPN2019)*. doi: 10.3389/conf.fncel.2019.01.00053
4. EMOTIV EPOC+ 14 Channel Mobile EEG // emotiv URL: <https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-eeeg/#tab-description> (дата обращения: 10.10.2019).
5. Обзор мозг-компьютерного интерфейса Emotiv Epos // habr URL: <https://habr.com/ru/post/115055/> (дата обращения: 10.10.2019).
6. Pia Rama, Synnove Carlson, Jouni Kekoni, Heikki Hamalainen. A spatial oculomotor memory-task performance produces a task-related slow shift in human electroencephalography // *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*. 1995. №94. С. 371-380.
7. Jeremy Badler, Philippe Lefevre and Marcus Missal. Causality Attribution Biases Oculomotor Responses // *The Journal of Neuroscience*. 2010. №30(31). С. 10517–10525.

ТЕОРИЯ КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ ДИСБАЛАНСА ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ВРАЩЕНИЯ НА АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРАХ

Муслимов А.П.¹, Аталыкова А.К.², Елеукулов Е.О.²

¹Киргизский государственный технический университет им. Раззакова, г. Бишкек, Киргизия

²Алматинский Университет Энергетики и Связи, г. Алматы, Казахстан

Одной из важнейших характеристик, определяющих качество изделий, вращающихся в процессе эксплуатации с большими скоростями, является величина радиального смещения центра масс (РСЦМ). Быстровращающиеся изделия широко используются в машинах, приборах, текстильном оборудовании, подшипниках. При наличии РСЦМ в них возникают значительные инерционные силы, приводящие к появлению вибраций, потере точности, быстрому износу самих машин и оборудования.

Существующие методы измерения этого параметра пригодны лишь для крупных изделий, имеющих большие массы и габариты, поэтому разработка новых высокоточных методов контроля РСЦМ изделий с малыми массой и габаритами является актуальной проблемой.

Исследования, которые проведены в работах [1, 2], показывают, что нижеприведенные методы контроля мелких изделий: наклонная плоскость, “свободное вращение изделия на опорных валках” и “вращение изделия в базирующем приспособлении” позволяют выявить РСЦМ от 10 мкм и выше. Для дальнейшего повышения чувствительности прибора контроля дисбаланса был разработан метод вращения изделия на аэростатических опорах, позволяющий существенно уменьшить трение, что повышает чувствительность измерительного прибора. Рассмотрим основные положения теории контроля величины дисбаланса изделий методом вращения изделия на аэростатических опорах.

Дисбаланс D есть мера статической неуравновешенности тел вращения. Величина дисбаланса определяется произведением массы m на расстояние e от ее центра до оси вращения (смещение центра масс изделия): $\vec{D} = m\vec{e}$.

Направление вектора \vec{D} всегда совпадает с направлением радиуса-вектора \vec{e} . При вращении тела со скоростью ω дисбаланс D вызывает неуравновешенную силу $\vec{F} = \vec{D} \cdot \omega^2$.

Моментная неуравновешенность тел вращения характеризуется силовым моментом, обусловленным наличием центробежного момента инерции масс вращающегося изделия. Величина последнего зависит от симметричности распределения массы изделия относительно оси вращения.

Динамическая неуравновешенность представляет собой общий случай, когда одновременно имеют место статическая и моментная неуравновешенности. Динамическая неуравновешенность может быть представлена в виде множества дисбалансов, расположенных в различных плоскостях вращения. Причины появления этих дисбалансов – неточность при изготовлении и сборка деталей, неоднородность деталей и материала, из которого они сделаны.

Допустим, что изделие с распределенной массой m при наличии РСЦМ вращается вокруг геометрической оси с угловой скоростью ω и угловым ускорением ε . Согласно [3], результирующая сила инерции равна

$$P = me\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} \quad (1)$$

где e - величина дисбаланса.

Условие, при котором изделие будет уравновешено при его вращении вокруг геометрической оси, очевидно, будет выполнено, когда силы инерции равны нулю, а это соответствует отсутствию РСЦМ, т.е. при расположении центра масс изделия на оси вращения. Изделие, удовлетворяющее данному условию, является статически уравновешенным, что означает его равновесное состояние, которое обеспечено при любом его угловом положении. Од-

нако, следует отметить, что изделие будет полностью уравновешено (имеется ввиду динамическое), если кроме этого вышеназванного условия составляющие вектора момента сил инерции будут равны нулю. Момент инерции M появляется только при неустановившемся движении. Из теоретической механики известно, что центробежные моменты инерции обращаются в нуль тогда, когда оси инерции являются ее главными осями. Отсюда вытекает, что моменты сил инерции и изделия будут равны нулю, и оно будет полностью уравновешено, если геометрическая ось будет главной осью инерции. Момент инерции обращается в нуль, если движения нет, поэтому статистическими методами обнаружить несовпадение главной оси инерции с осью вращения не представляется возможным. Следовательно, можно сделать вывод, что изделия, у которого центр масс совпадает с осью вращения, но последняя не является главной осью инерции, называется динамически неуравновешенным и наоборот. Численное значение момента инерции [3], равно

$$M = \sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2} I_z \quad (2)$$

где I_z – момент инерции цилиндрической детали относительно геометрической оси. Если изделие вращается с постоянной угловой скоростью, то

$$M = \omega^2 I. \quad (3)$$

На практике удобно рассматривать неуравновешенную систему и момент через дисбаланс D [3], который является мерой неуравновешенности изделия. Величина его определяется следующим выражением

$$D = me. \quad (4)$$

В соответствии с (4) формулы (1) и (2) принимают вид

$$\begin{aligned} P &= D\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}, \\ M &= De\sqrt{\omega^4 + \varepsilon^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

При установившемся процессе, т.е. когда $\varepsilon=0$, получаем:

$$\begin{aligned} P &= D\omega^2, \\ M &= D\omega^2 e. \end{aligned} \quad (6)$$

Анализ любого изделия показывает, что значение центробежного момента инерции (6) колеблется в связи с несимметричным распределением масс относительно геометрической оси вращения, вызванным погрешностями изготовления изделия. Поэтому для оценки состояния динамической неуравновешенности изделия массо-геометрической характеристикой целесообразно связать положение главной центральной оси инерции (ГЦОИ) с величиной центробежного момента инерции. Для определения углового отклонения ГЦОИ можно использовать методику, разработанную в [4]. Суть метода состоит в применении понятия вектора угла, рассмотрении ГЦОИ на соответствующих координатных плоскостях и их связи с массо-геометрическими характеристиками изделия. Такая форма представления неуравновешенности изделия удобна при исследовании процесса контроля. Кроме того, составляющие вектора центробежного момента можно представить как результат пары дисбалансов в плоскости, перпендикулярной вышеназванному вектору. Разработанная методика определения динамической неуравновешенности изделия позволяет рассчитать неуравновешенную силу и момент в зависимости от массо-геометрических и кинематических характеристик по формуле (6). Кроме того, оценить качество изготовления изделия по величине углового отклонения ГЦОИ от геометрической оси вращения и привести к одному равнодействующему значению при наличии неуравновешенности в нескольких сечениях, что дает возможность приступить к построению метода автоматического контроля динамических характеристик изделия.

Для обнаружения РСЦМ изделия нужно придать ему вращательное движение. В этом

случае возникают неуравновешенная сила и момент, которые оказывают воздействие на датчик, который будет информировать об увеличении РСЦМ изделия. Тогда принцип контроля величины РСЦМ e и некруглости δ можно представить в виде блок-схемы на рисунке 1.

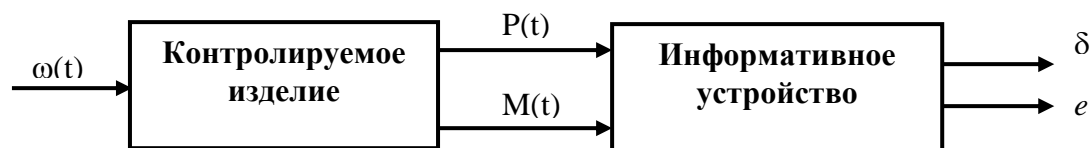


Рисунок 1 - Блок-схема принципа контроля

Следовательно, при разработке метода автоматического контроля основных динамических характеристик быстровращающихся изделий, имеем следующие предпосылки:

1) для обнаружения радиального смещения центров масс изделий необходимы взвешенные сила и момент, которые оказывают воздействие на датчик, информирующий о величине отклонения динамических характеристик изделия;

2) в связи с тем, что основной характеристикой, влияющей, как было установлено выше, на качество изделий, является РСЦМ изделий, значит необходимо разработать метод автоматического контроля применительно к ним, к примеру, вращение изделия на аэростатических опорах.

Тогда измеряя динамическую неуравновешенность быстровращающихся изделий, можно будет прогнозировать их качество, без применения разрушающих методов контроля, а также производить отбор и сортировку их по группам качества.

Библиографический список

1. Основы балансировочной техники. Под ред. В.А. Щепетильникова. - М.: Машиностроение, 1979. – 293 с.А.П.
2. Муслимов, Б.А. Борзых. Устройство для балансировки роторов. А.С. №938037. – М., 1982.
3. Distributed parameter control systems: Theory and application / Ed. By S.G. Tzafestas. – Oxford a.o.: Pergamon Press, 1982. - 497 p.
4. А.П. Муслимов, С.В. Халатова. Устройство для балансировки роторов. А.С. №1132156. - М., 1984.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, КАК ВЕЩЕСТВ ДРОБНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Тагильцев-Галета К.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия*

Введение

Рост и ускорение промышленного производства естественным образом приводит к росту спроса на количество и качество сырья. При этом качество сырья, или точнее, полуфабрикатов, обеспечивается степенью машинной обработки. Ужесточение требований к переработке полуфабрикатов открывает их новые особенности, оказывающие существенное влияние на характеристики, как конечного продукта, так и машины, необходимой для его получения.

Важнейшим этапом для получения полуфабрикатов в различных отраслях (например, в металлургической) является измельчение исходного сырья. Процесс уменьшения размеров упруго-хрупкого тела от первоначальной (исходной) крупности до требуемой путем воздействия внешних сил называется дроблением. Наиболее энергоэффективным является дробление путем раскалывания, то есть приложение нагрузки на площадь существенно меньше

размеров тела [1]. В результате формирования растягивающих напряжений σ возникает и развивается продольная трещина, разрушающая тело.

Разрушение твердых пород происходит вследствие роста трещин, и такое разрушение называется хрупким. Практически все скальные породы разрушаются хрупко, то есть, вследствие роста трещин, хотя встречаются и процессы пластического деформирования. Теории хрупкого разрушения твердых тел отвечают на многие практические вопросы разрушения горных пород и дают возможность управлять процессами разрушения породы [1].

Основная часть

Прочность твердых тел определяется связями между атомами, ионами и молекулами, составляющими твердое тело, причем сила связи электростатической природы – кулоновская. В нормальном состоянии, при нормальном давлении и температуре, микрочастицы, составляющие твердое тело, находятся в равновесном состоянии с определенным расстоянием между ними. Если микрочастицу сдвинуть от положения равновесия, то есть уменьшить или увеличить расстояние между ними, силы, действующие на микрочастицу, изменятся. Когда на твердое тело действует какая-то внешняя нагрузка, то, соответственно, возникает внутренняя сила, которая стремится вернуть микрочастицы в исходное положение. Если в твердое тело ввести трещину и приложить нагрузку, то трещина не будет расти, и тело сохранится в исходном состоянии при условии, что значение нагрузки будет меньше критического. Однако если нагрузка превысит критическое значение, то трещина увеличится в размере, что, в конечном итоге, приведет к разделению тела трещиной на отдельные части, и оно начнет разрушаться. Эта первая теория тел с трещинами была разработана Гриффитсом в 1924 году [2].

Интенсивность поглощения энергии трещиной или работа на разрыв молекулярных связей в вершине трещины:

$$dE = 4\gamma dl \quad (1)$$

где γ – энергия, приходящаяся на единицу площади образованной поверхности ($\text{Дж}/\text{м}^2$).

Развитие трещины при внедрении объекта в среду происходит следующим образом: образуются кольцевые трещины, перпендикулярные поверхности касания, которые развиваются, образуя «конус Герца» - конические трещины, расположенные под углом 25 ± 5 градусов к поверхности касания, до тех пор, пока длина трещины не станет критической по критерию Ирвина [3,4].

Критическая длина трещины, свыше которой происходит разрушение:

$$2l_c = \frac{4E\gamma}{\pi\sigma_c^2} \quad (2)$$

Прямым следствием из гипотезы Гриффитса является закон разрушения, сформулированный Риттингером, описывающий связь между работой, затраченной на разрушение и площадью вновь образованной поверхности.

Другим законом, описывающим разрушение тела, является закон Кирпичева-Кика, описывающий связь между работой и объемами деформируемых тел. Необходимо отметить, что не все тела, подвергающиеся деформации, разрушаются, что несколько размывает границы его применения.

И последним законом разрушения является гипотеза, предложенная Бондом, сформулированная на основе анализа экспериментов, и указывающая на связь работы и дробной пространственной размерности измельчаемого тела.

При сравнении известных законов разрушения формулируется зависимость удельной энергоемкости от линейного размера образца [5]

$$dE = k \frac{dx}{x^n} \quad (3)$$

где показатель n может быть дробным (1; 1,5; 2).

На основе существующих законов разрушения разработаны методики оценки предела прочности горных пород [6]. К сожалению, данные методики не учитывают характера разрушения образца, принимая его, как площадь по габаритным размерам.

В работе [7] показано, что после разрушения кусков горной породы различного размера в дробилках энергетические затраты на образованную поверхность возрастают с уменьшением размера разрушаемого куска. Эта особенность отражена в основной математической зависимости гипотезы, по которой удельная работа дробления возрастает пропорционально квадрату условного среднего напряжения разрушаемой частицы дробления.

Гипотеза о связи энергии разрушения с его пространственной размерностью была развита Н. Пуно и А. Карпинтери [8], предложившими фрактальный закон разрушения

$$E = G_f V^{D^3}, \text{ где} \quad (4)$$

где G_f – «фрактальная энергия»

V – объем разрушаемого тела,

D – пространственная размерность.

Однако предложенная модель требует оценки фрактальной энергии, затрачиваемой на разрушение тела, что не представляется возможным.

В связи с этим возникает необходимость в законе разрушения, учитывающем особенности характеристик материала.

Для формирования закономерности необходимо воспользоваться теорией Гриффитса, как имеющей значительное математическое и физическое обоснование. Принимая положения Гриффитса о пропорциональности энергии вновь образованной поверхности, необходимо дополнить их условиями Ирвина о критической длине трещины, то есть в данном случае, о критической площади новой поверхности. Важным моментом является необходимость учета общей длины трещины, а не расстояния между крайними точками трещины.

Для оценки полной длины критической трещины, ведущей к необратимому разрушению тела, необходимо определить уровень взаимодействия разрываемых частиц материала. Для хрупких однородных изотропных материалов силы межатомного взаимодействия оказываются сильнее межмолекулярного, что определяет минимальные размеры оцениваемых частиц. Однако анализ с такой точностью получить не представляется возможным. С другой стороны, профиль трещины достаточно изменчив, чтобы оценивание приборами различной точности давало различные результаты. Проблема оценки полной длины трещины во многом сходна с проблемой оценки длины побережья Великобритании [9] и может быть решена аналогично с получением кривой Ричардсона.

$$L(G) = MG^{1-D} \quad (5)$$

где M — положительная константа,

G - шкала измерения,

D – пространственная размерность.

Подставляя формулу Ричардсона (5) в формулу Ирвина (2), получаем

$$2L(G)_c = \frac{4Ey}{\pi\sigma_c^2} \quad (6)$$

откуда

$$\sigma_c^2 = \frac{2Ey}{\pi MG_c^{1-D}} \quad (7)$$

Оценив функцию длины трещин и приняв ее линейной относительно своих аргументов, можно получить экстраполированную оценку этой функции при любом значении G . При значении величины G близкой к минимальному размеру частицы разрушаемого тела получа-

ется более точная оценка длины трещины, а, следовательно, и значение разрушающего напряжения.

Методика оценки энергии разрушения такова:

1. Стандартными методами определяется критическая длина трещины в образце.
2. Оценивается приблизительная длина трещины $L(G)$ при, как минимум, четырех значениях шкалы G .
3. Производится экстраполяция $L(G)$ до G сопоставимого с размером элементарной составляющей тела (например, молекулы)
4. Устанавливается истинный размер трещины
5. Производится оценка напряжения разрушения.

Вывод

Уточнение значения напряжения, возникающего в разрушаемом теле является важным этапом для улучшения характеристик измельчающего оборудования, позволяя наиболее полно использовать их возможности и раскрывая потенциал их модернизации. Рассмотрение дробимых тел, как объектов, имеющих дробную пространственную размерность, позволяет более точно определить параметры оборудования, необходимого для их переработки.

Библиографический список

1. Протасов Ю. И. Разрушение горных пород. – М.: Изд-во МГГУ, 2001. – 453 с./Протасов Ю. И. Теоретические основы механического разрушения горных пород. – М.: Недра, 1985. – 242 с.
2. Griffiths A. A. The phenomena of Rupture and Plou in Solids, vol. 221, A587, 2 oktober, 1920. – P. 163-198.
3. Irwin G.R. Fracture dynamics. Fracturing of metals // ASM, Cleveland. – 1948. – P. 147–166;
4. Каркашадзе Г.Г. Механическое разрушение горных пород: учеб. пособие для вузов. - М.: Издательство Московского горного университета, 2004. - 222 с.: ил.
5. W. H. Walker, W.K. Lewis, W.H. McAdams and E.K. Gilliland, Principles of Chemical Engineering. McGraw-Hill, New York, 1937
6. ГОСТ 21153.3-85. Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении
7. Родин Р. А. О гипотезах дробления // Изв. вузов. Горный журнал. 1989. №4. С. 71-78.
8. A. Carpinteri, N. Pugno, A multifractal comminution approach for drilling scaling laws, Powder Technology 131 (2003) 93-98
9. Benoît Mandelbrot (1967). «How Long Is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension», Science, New Series, Vol. 156, No. 3775. (May 5, 1967), pp. 636—638.

О ПРИМЕНЕНИИ АППАРАТА ИСККУСТВЕННОЙ НЕЙРОНОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ УЗЛА-ПОСРЕДНИКА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТЬЮ

Грачев А.В.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, grachev_av@list.ru*

Введение

В современном мире системы управления техническими процессами, опорные сети связи, системы общего мониторинга, пользовательская электроника и средства коммуникации все более интегрируются между собой, создавая единую распределенную сетевую структуру.

Развитие сетей связи и коммуникации требует разработки подсистем самоорганизации сетевых структур. Чтобы разгрузить управляющий узел (администратора) необходима разработка автоматических управляющих систем, способных взять на себя решение рутинных задач. В условиях структурной неопределенности, которая является основополагающим фактором сетей будущего поколения (пост-NGN), предложен способ управления распределённой сетевой структурой с помощью узлов-посредников.

Моделирование состояния узла-посредника

В работе была создана модель узла сети, учитывающая его ранг (рейтинг). Если рассматривать сеть в виде случайного графа, то в вершинах - численное значение означает вероятность прекращения работы вершины (узла). Вероятность, при которой узел не перестанет функционировать в сети, определяет его рейтинг (ранг).

На рисунке 1 приведена функциональная схема системы управления.

В качестве единицы взят самостоятельный узел системы. В примере используется компьютерная сеть, следовательно, под «узлом» понимается точка, способная принимать, обрабатывать и передавать информацию.

Расчет ранга узла учитывает состояние сети тогда, когда присутствие администратора на постоянной основе невозможно, как и невозможна предварительная оценка состояния разных сегментов сети. Такие системы могут содержать полноценные рабочие места для пользователей, некоторое количество серверных станций, и узкоспециализированные узлы конкретного назначения, например, датчики контроля производственной линии, системы безопасности и видеонаблюдения. В качестве примера выбрана система управления ЛВС.

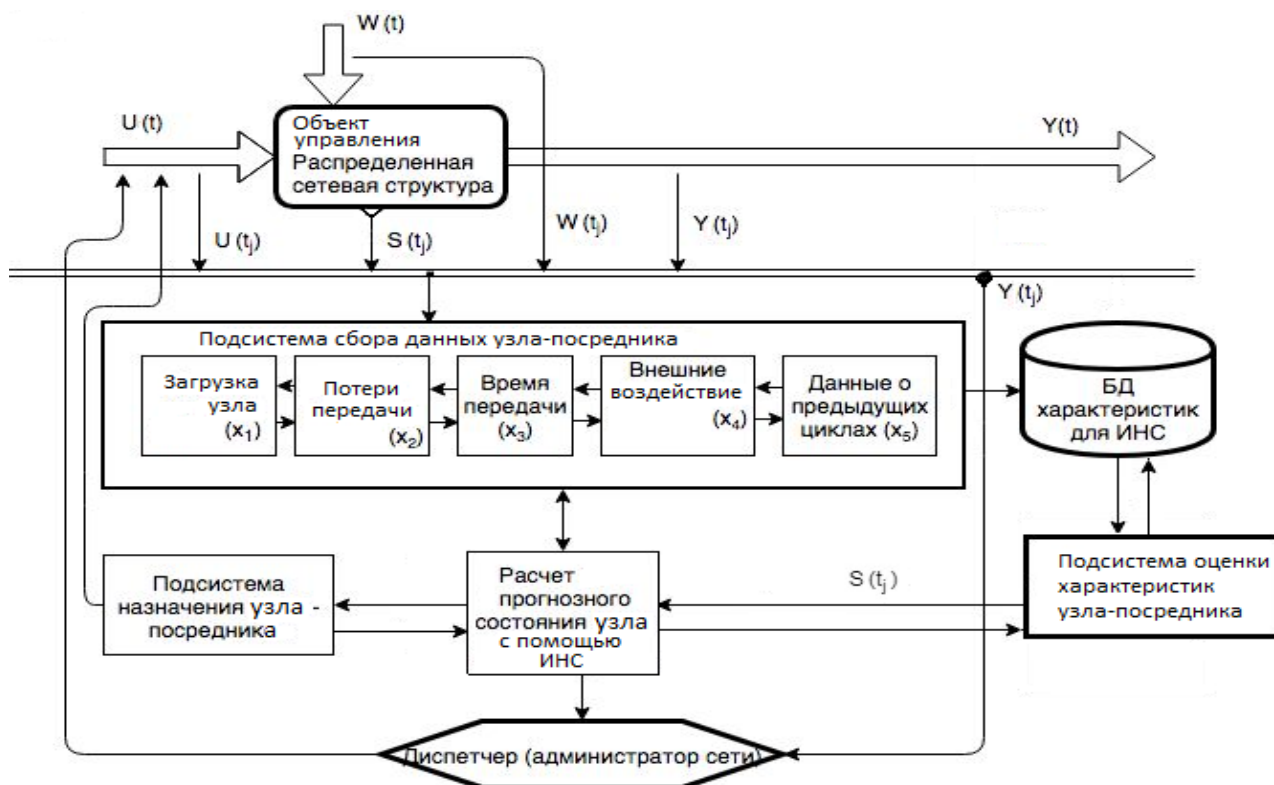


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления распределенной сетью с помощью узла-посредника.

В распределенных сетевых структурах характерно наличие *кластера* – состояния, когда существуют узлы, имеющие более тесные связи с ближайшими смежными узлами, чем со всем остальным множеством. Это не значит, что именно эти узлы имеют лучшие технические характеристики для выбора из них узла-посредника.

В условиях структурной неопределённости заранее невозможно предсказать состав, топологию и количество активных узлов в сетевой структуре.

Для этого выделен ряд типов данных, наиболее часто передаваемых по ЛВС и обеспечивающих различные нагрузки на процесс передачи. Данные получены опытным путем при нормальной работе сети передачи данных и разных типах загрузки; они приведены в таблице 1 для наиболее используемых типов. Поэтому когда в сети задействовано большое количество узлов, для передачи большого объёма данных, расчет ранга узла создает значительную нагрузку на вычислительные мощности.

Таблица 1 – Требования для передачи разных типов данных

Типы данных.	Доля недоступности полосы пропускания (максимально (max) и минимально (min) допустимая) (в долях)	
	Постоянный активный поток (активная передача)	max
min		0,1
Высокая загруженность (аудио-видео)	max	0,5
	min	0,2
Транзитный поток (сервисные данные)	max	0,4
	min	0,8
Малая загруженность (текст)	max	0,9
	min	0,7
Незначительная загруженность	max	0,9
	min	1

В таком случае целесообразно использовать для прогноза состояния узла аппарат искусственных нейронных сетей (АИНС).

Производится оценка будущего состояния узла сети - прогноз с использованием аппарата искусственной нейронные сети (АИНС). С учетом прогнозного состояния узла в соответствии с настройками верхнего уровня (диспетчер) результат подается на блок принятия решений, где происходит выделение и назначение узла, способного взять на себя часть управляющих функций.

На вход АИНС подается пять характеристик каждого узла из выборки: загруженность канала, количество потерь, затраченное время на передачу, историческая оценка работы и выявленные с помощью аппарата нечеткой логики внешние факторы (их влияние). На выходе имеем прогноз состояния потенциального узла-посредника.

Перед применением предлагаемого прогноза следует определить, какие именно характеристики окажут наиболее сильное влияние на работу узла, а какими можно пренебречь. По предыстории (по рангу) выделяется часть узлов с их характеристиками. Следует учитывать, что в зависимости от системы в целом определяется и набор характеристик. Входные характеристики x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 зависят от оцениваемого сегмента системы. Они обязательно учитывают и физическую составляющую, и типы пользовательских данных, и историю использования узла (его надежность).

Для применения аппарата искусственных нейронных сетей производится нормирование входных данных. В АИНС для оценки состояния узла в качестве активационной функции используется сигмоидальная функция, которая принимает на входе произвольное вещественное число, а на выходе тоже вещественное число из интервала $[0, 1]$.

Результатом использования АИНС является набор данных, содержащих прогноз состояния узлов.

Пример прогноза для набора данных передачи при высокой загруженности канала приведен далее на таблице 2 и СМО в таблице 3.

Таблица 2 – Пример работы модели для тестовой выборки (фрагмент)

Модельн. результат	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Прогноз АИНС
	-0,592	0,426	0,594	-0,295	0,21	0,354
0,198	0,183	-0,499	0,298	0,228	-0,953	0,191
1,298	0,349	-0,841	0,107	-0,493	-0,52	-0,197
0,523	0,295	-0,205	0,023	0,005	0,577	-0,828
0,427	-0,139	-0,606	-0,04	-0,006	-0,623	-0,476
-0,245	0,07	0,248	-0,067	-0,331	0,695	0,261
-0,463	0,14	0	-0,603	-0,858	-0,539	0,77
1,766	0,071	-0,557	0,139	0,593	0,195	0,03
-0,023	-0,118	-0,071	0,024	-0,61	-0,497	0,901
-0,614	0,649	0,551	-0,712	-0,436	-0,783	0,303
-0,371	-0,986	0,384	0,999	0,391	0,287	-0,259
-0,975	-0,065	0,185	0,276	0,339	-0,53	-0,395
0,217	0,66	-0,031	-0,474	0,519	0,519	-0,275
-1,379	-0,361	0,394	-0,624	0,545	-1,621	-0,937
-0,383	0,235	0,3	-0,318	-0,706	0,067	-0,363
0,389	0,389	-0,131	0,869	-0,025	0,143	-0,184
-0,655	-0,767	-0,014	-0,903	-0,773	0,378	-1,416
1,503	0,019	-0,123	-0,64	0,378	0,004	0,222
-0,782	-0,609	-0,427	-0,6	-0,675	0,681	-0,115
0,032	-0,05	-0,207	0,876	-0,723	0,88	0,523
0,752	0,269	-0,556	-0,073	0,053	0,039	0,445
-1,584	-0,086	0,157	-0,341	-0,499	-0,116	-0,987
1,927	-0,248	-0,8	0,375	0,416	-0,021	-0,16
0,118	-0,192	-0,475	-0,165	-0,479	-0,475	0,552
-1,148	-0,776	-0,494	-0,866	0,082	-0,981	-0,628
-3,255	-0,889	0,619	-0,747	0,337	0,481	0,01
-0,427	0,719	0,401	0,255	0,357	0,711	-0,736
-0,162	0,759	0,14	0,219	-0,085	0,698	-0,198
-0,209	-0,242	0,438	0,471	-0,302	-0,497	-0,696
2,339	0,092	-0,213	0,033	0,648	0,478	-0,267

Таблица 3 – СМО для тестовой выборки

Граница в долях от недоступной полосы пропускания <u>0,7</u>	Тип данных: Малая загруженность (минимально допустимая)	<u>СМО</u>	0,15
--	---	------------	------

В таблице 4 приведено СМО прогнозного состояния узла с использованием АИНС и результатов моделирования методом Монте-Карло с прогнозом простой сдвижкой для остальных границ пропускания. Таким образом, результаты моделирования, сдвинутые в будущее, удовлетворительно совпадают с результатами прогноза.

Таблица 4 – СМО прогноз простой сдвижкой от результатов, полученных с помощью АИНС

	Постоянный активный поток (активная передача)		Высокая загрузка (аудио-видео)		Транзитный поток (сервисные данные)		Малая загрузка (текст)		Незначительная загрузка	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
СМО	0,19	0,34	0,12	0,9	0,31	0,25	0,13	0,15	0,46	0,13

Для задачи, требующей широкий канал при постоянном активном потоке данных, результаты моделирования спрогнозированные простой сдвижкой, сравниваются с результатом прогноза по АИНС, эти кривые приведены на рисунке 2.

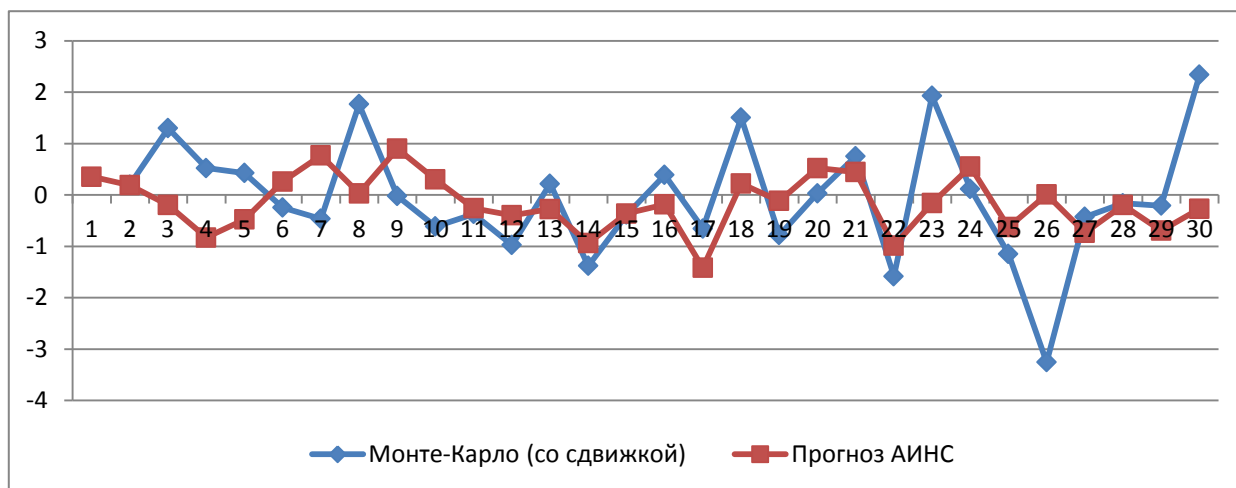


Рисунок 2 – Реализации оценок состояния узла, полученные с помощью моделирования с прогнозом простой сдвижкой и прогнозом с помощью АИНС

Численное моделирование с прогнозом показывает близкие результаты с АИНС. Проведенное ранее моделирование по методу Монте-Карло показывает, что применение АИНС возможно для оценивания состояния узла в распределенной сетевой структуре.

Заключение

В работе предложено решение задачи разработки управляющей подсистемы сетевой структуры с использованием узлов-посредников на примере распределенной компьютерной сети с целью повышения её надежности.

Решение позволяет повысить эффективность работы сетевой структуры при изменении условий её функционирования, то есть существенно повысить реакцию сетевой структуры на изменения состояний её узлов с точки зрения адаптивности сети.

Библиографический список

1. Ландэ Д.В., Снарский А.А., Безсуднов И.В. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. / Д.В. Ландэ - М.: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009. – 264 с.
2. О способе управления распределенной сетевой структурой и оценки её работы / А. В. Грачев, Т. В. Киселева, // Труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: Моделирование и наукоемкие информационные технологии в технических и социально-экономических системах. – 2016. – Часть 2. – С. 188–192.

СЕКЦИЯ 5
СТУДЕНЧЕСКИЕ НИР

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ РАБОТ» В СОСТАВЕ ПАКЕТА «1С: ЗУП»

Матюшкин Г.В.

Научный руководитель: д.т.н., профессор Кулаков С.М.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Немаловажную роль в организации кадрового учета и работы с персоналом играет автоматизация труда работников кадровой службы предприятия. Одной из наиболее популярных программ, призванных автоматизировать процессы кадрового учета является «1С: Зарплата и управление персоналом (ЗУП)». Недостатком действующей конфигурации «1С: Зарплата и управление персоналом», редакции 3.1, выявленным в ходе ее эксплуатации, является отсутствие программного модуля планирования и учета работ, выполненных сотрудниками. В связи с этим сформирована следующая задача планирования и учёта работ сотрудниками предприятия.

Дано:

1. $Rs = \{r_n s_n; n = 1, 2 \dots N\}$ – множество заданий (работ) и их стоимость.
2. $\Gamma(R)$ – граф последовательного и параллельного исполнения работ;
3. Множество $MK = \{m, k(m)\}$ – число единиц (групп) штатных сотрудников и их компетенции ($K(m) = \{V(r_n); n = 1, 2 \dots N\}$) к по отношению к работам (r_n);
4. $\{\tau^H(r_n); n = \overline{1, N}; m \in M\}$ – нормативная длительность выполнения каждой работы;
5. $\sum_{n=1}^N S_n \leq S^*$ ограничение на суммарную стоимость всех работ
6. Критерий оптимальности плана: затраты времени на выполнение заданного комплекса работ: $T^* = (t_{ок}^* - t_n^*) \rightarrow \min$,
где $t_n^*, t_{ок}^*$ – плановые моменты начала и окончания выполнения всех работ.
7. $RS, \{\tau^H(r_n), \{t_n(r_n), t_{ок}(r_n)\}, T, S$ – учетные данные о выполненных работах и их исполнителях;
8. Структура учетных документов (плановые и выполненные работы, сроки выполнения, вклад исполнителей, стоимость);
9. Положение о премировании за выполнение комплекса работ.

Требуется:

1. Сформировать календарный план работ с раскреплением по исполнителям при выполнении заданных ограничений и минимального срока выполнения всех работ.
2. Сформировать учетную документацию, отражающую: плановые и фактические работы, учетные сроки их выполнения, вклад каждого исполнителя, стоимость работ.

Методы решения: конкретизация метода направленного перебора вариантов работ применительно к ППП «1С: ЗУП»; заполнение форм учетных документов заданной структуры на основе данных текущего учета работ.

Для решения поставленной задачи разработан алгоритм и программный модуль, включающий следующие основные части:

- разработка документа «План работ»;
- разработка документа «Задание сотруднику»;
- разработка документа «Отчет сотрудника»;
- разработка документа: «Акт выполненных работ»;
- разработка регистров для разработанных документов;
- разработка отчетов: «Выполнение плана», «Отчет по сотрудникам», «Остатки по заданиям».

Разработка документа «План работ»

Документ предназначен для формирования последовательного плана действий исходя текущих задач, списка работ, проектов как для предприятия в целом, так и по каждому сотруднику (группе сотрудников) в наглядной форме. Для этих целей документ как объект ме-

таданных содержит *реквизиты*, единые для всех документов («Номер», «Дата» и так далее), специальные: «Организация», «Подразделение», «Сценарий планирования», «Периодичность детализации», «Даты планирования», *табличную часть* «Задачи» со своими реквизитами. Реквизит «Сценарий планирования» применяется для обеспечения возможности хранения в базе данных нескольких независимых версий данных, описывающих одинаковый промежуток деятельности организации (оптимистический/пессимистический случаи, планы с различной детализацией).

Табличная часть «Задачи» предназначена для формирования текущих задач, проектов организации с раскреплением по сотрудникам с учетом их компетенций. Состоит из следующих реквизитов: «Вид работы», «Начало» и «Окончание», «Содержание», «Объем работы», «Единицы измерения», «Исполнитель», «Проект», «Этап проекта», «Работа проекта», «Задачи проекта», рисунок 1.

N	Вид работы	Начало	Окончание	Содержание	Объем работы	Ед. изм.	Исполнитель	Проект	Работа проекта	Контрагент
1	Разработка ПО	20.05.2019		Создать справочник "Договоры ..."	2,00	Часы	Милова Светлана Афанасьевна			ПАО "Орус"
2	Установка оборудования "Изделия категории Б"	21.05.2019	21.05.2019	"Изделия категории Б"	5,00	Часы	Шведов Игорь Сергеевич			Войцехович А.А.
3	Бухгалтерский учет	22.05.2019	20.06.2019	Составить квартальный отчет	689,00	Часы	Орлова Елена Николаевна			ПАО "Орус"

Рисунок 1 – Форма документа «План работ»

Разработка документа «Задание сотруднику»

Документ предназначен для формирования как обособленного задания сотруднику на выполнение работ, так и составной части трудового плана на основе данных из документа «План работ. Документ содержит ряд реквизитов, а также 2 вкладки: «Содержание» и «Задание». На вкладке «Содержание» приводится описание текущего задания. На вкладке «Задание» размещены реквизиты, относящиеся к заданию сотрудника. Одним из существенных реквизитов является реквизит «Планируемая трудоемкость», данные в этом реквизите автоматически рассчитываются при помощи процедуры расчета исходя из планируемой длительности выполнения работы.

Разработка документа «Отчет сотрудника»

Документ «Отчет сотрудника» предназначен для отражения сотрудниками выполненных работ в течение рабочего времени. На вкладке «Работы» размещается информация о выполненных работах. Вкладка «Дополнительно» предназначена для содержательного описания проделанной работы. При нажатии кнопки «Заполнить» из модуля обработки запускаются процедуры по созданию, заполнению строк табличной части «Работы» при помощи Запроса Выборки. Данные формируются из документа «Задание сотруднику» (рисунок 2).

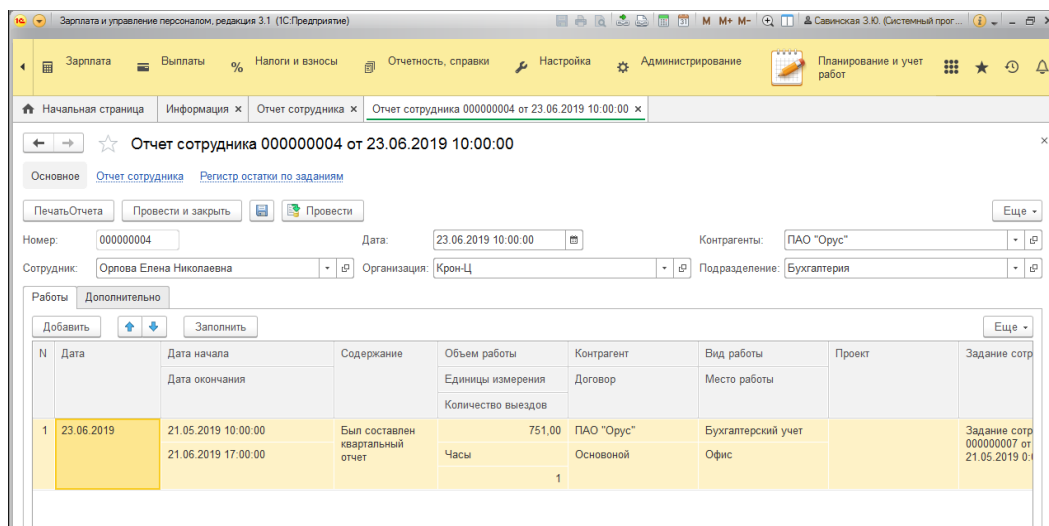


Рисунок 2 – Форма документа «Отчет сотрудника»

Разработка документа «Акт выполненных работ»

Акт приемки выполненных работ – документ, заключающийся между двумя контрагентами (заказчиком с одной стороны и исполнителем с другой), согласно которому отображаются все виды выполненных работ, их общая стоимость, а также время начала и окончания. При нажатии кнопки «Заполнить» из модуля обработки запускаются процедуры по созданию, заполнению строк табличной части документа при помощи Запроса Выборки. Необходимые данные формируются из документа «Отчет сотрудника». Также в программном коде рассчитывается стоимость произведенных работ и записывается в реквизит «Сумма».

Разработка отчетов

Основное назначение отчетов – вывод актуальной информации о хозяйственных операциях в определенном формате из сформированной документами базы данных. Документы и Отчёты в 1С взаимосвязаны и похожи друг на друга, но назначение Документа ввести данные о хозяйственных операциях в базу данных, назначение Отчёта – отобразить данные в определенном формате [1].

В рамках разработанной конфигурации было создано три формы отчетов: «Выполненные задания», «Отчет по сотрудникам», «Остатки по заданиям».

«Отчет по выполнению заданий» показывает сводную информацию о выполненных заданиях за определенный промежуток времени, позволяет провести сравнение между запланированной работой и фактом, планируемый и фактический объем проделанной работы. Если имеется отклонение от плана, то это непременно отражается в системе. Например, если сотруднику выделили на выполнение какого-либо задания 2 часа, а он при этом затратил 3 часа, это означает, что он не уложился в срок.

Отчет «Остатки по заданиям» отражает выполнение задания сотрудников организации с опережением, либо с задержкой по отношению установленным срокам. Данные для отчета формируются из регистра накопления «Остатки по заданиям». В случае невыполнения текущей задачи в установленный срок к сотруднику могут быть применены штрафные санкции, в случае опережения, сотруднику может быть начислена дополнительная прибавка к премиальным отчислениям.

Назначение «Отчёта по сотрудникам» схоже с выше описанным отчетом, в нем более наглядно отражается сопоставление между планом и фактом.

Разработанную конфигурацию можно рассматривать, как удобное средство автоматизации труда начальников отделов подразделений и расчетного отдела организации.

Библиографический список

1. Ощенко, Игорь Азбука программирования в 1С: Предприятие 8.3 / Игорь Ощенко. - М.: БХВ-Петербург, 2015. - 499 с

РАЗРАБОТКА ЭКРАНОВ НАСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК «СИРИУС» АСОДУ ШАХТЫ «УВАЛЬНАЯ»

Сидоренко В.К.¹

Научный руководитель: к.т.н. Михайлова О.В.²

¹Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Внедрение информационных технологий при управлении техническими объектами в настоящее время является очень актуальным направлением и позволяет повысить экономическую эффективность и безопасность производства, а также качество продукции.

Для автоматизации технологических процессов угледобывающих предприятий используются различные автоматизированные системы оперативного-диспетчерского управления (АСОДУ), которые постоянно подвергаются модернизации.

Так, на шахте «Увальная» (Кемеровская обл., г. Новокузнецк) по инициативе дирекции шахты из-за сложности распознавания аварийных ситуаций была произведена замена ранее использовавшейся подсистемы управления энергоснабжением шахты - АСОДУ «Энерго» (рисунок 1)

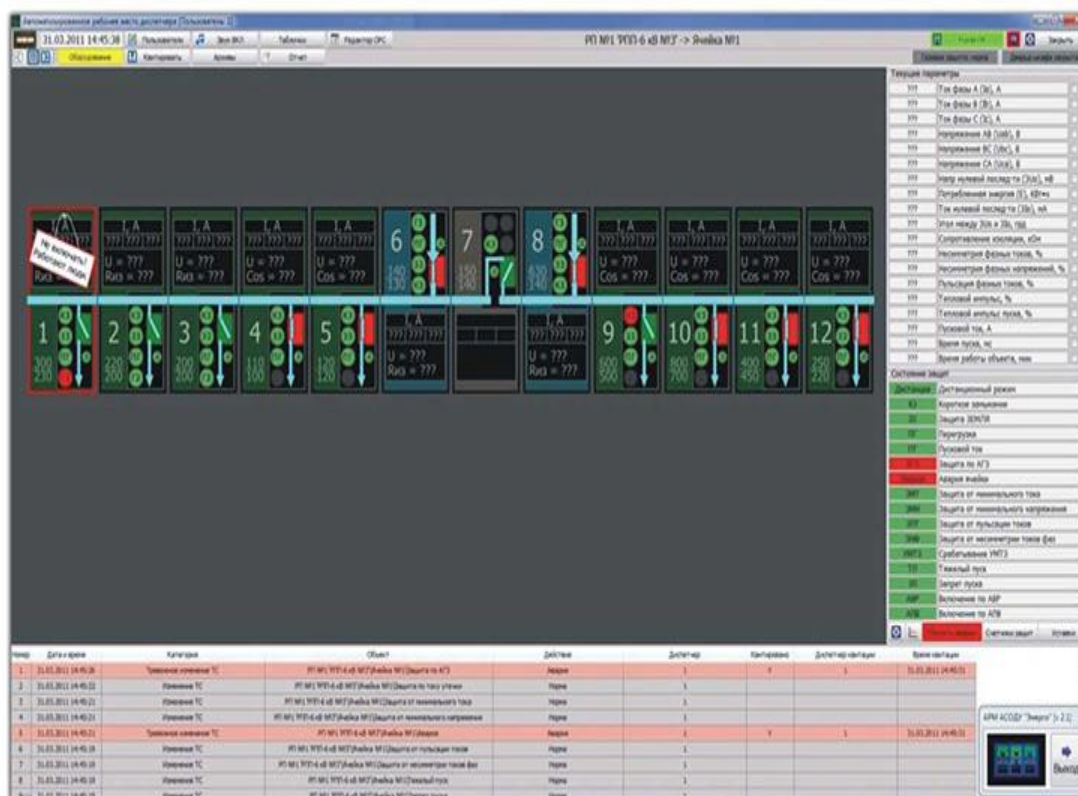


Рисунок 1 – Интерфейс АСОДУ «Энерго»

В качестве замены системы АСОДУ «Энерго» рассматривались программно-технический комплекс ARIS MD, Автоматизированная система управления и мониторинга энергообъектов «Луч-3/СУМЭ», подсистема управления энергоснабжением АСОДУ шахты «Увальная» АСКУ ЭС.

В результате сравнительного анализа была выбрана подсистема АСКУ ЭС по причине менее затратной установки, простоты и понятности интерфейса экрана оператора (рисунок 2), а так же из-за близости нахождения разработчиков данной системы (ООО "АСКО", г. Новокузнецк).

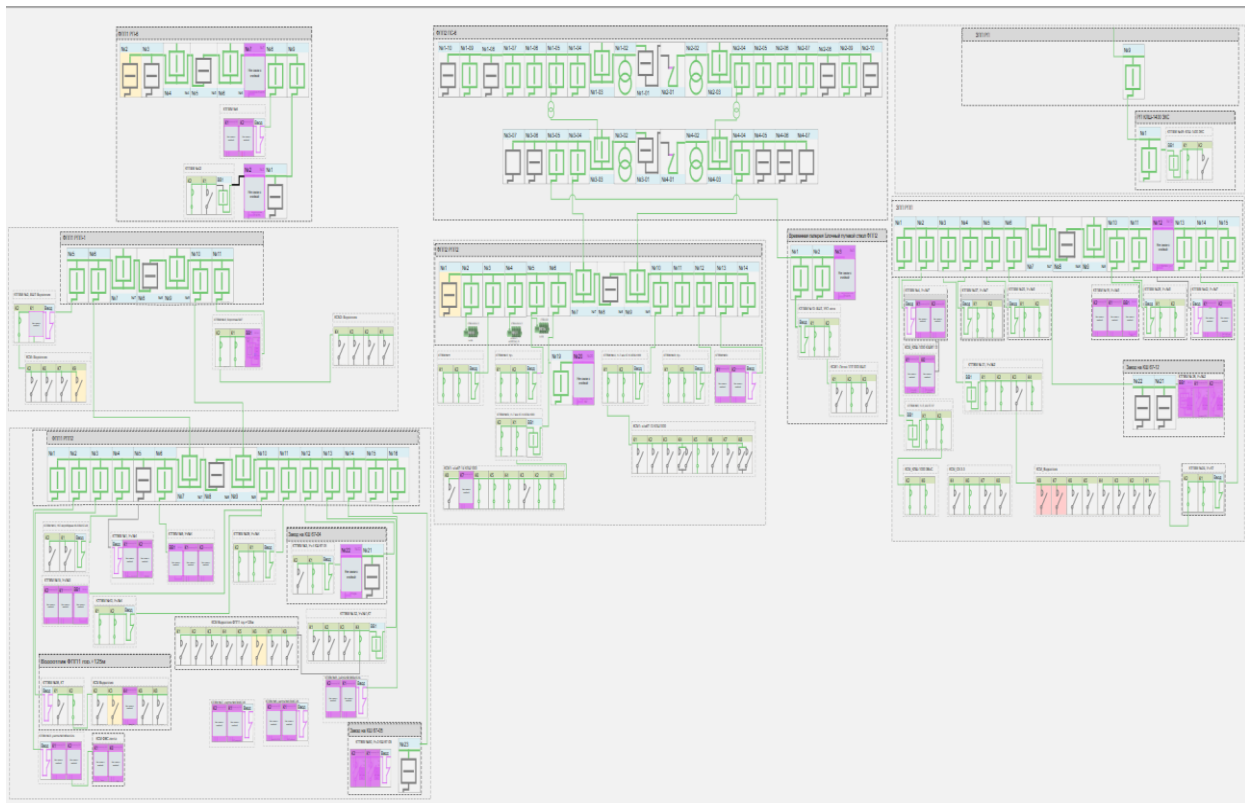


Рисунок 2 – Интерфейс подсистемы АСОДУ шахты «Увальная» АСКУ ЭС

В состав подсистемы АСОДУ шахты «Увальная» АСКУ ЭС входит большое количество электротехнического оборудования. В связи с этим была поставлена и реализована задача разработки, кроме общего экрана оператора АСОДУ, отдельных экранов настройки для электротехнических ячеек «Сириус». Указанные экраны настройки осуществляют следующие функции:

- сбор информации о физических параметрах ячеек;
- управление оператором вручную параметрами ячеек;
- сохранение параметров ячеек в файл;
- загрузка параметров ячеек из файла.

В качестве базового программного обеспечения выбраны:

- приложение пакета программ ICONICS GENESIS64 - GraphWorX64;
- модульный OPC-сервер Kerware KEPServerEX.

ICONICS GENESIS64 является комплексом клиентских и серверных приложений, основанных на технологии OPC (OLE for Process control – технология связывания и внедрения объектов для промышленной автоматизации), которые предназначены для разработки прикладного программного обеспечения визуализации контролируемых параметров, сбора данных и оперативного диспетчерского управления в автоматизированных системах управления технологическими процессами.

Kerware KEPServerEX – модульный OPC-сервером, который обеспечивает связь с различными контроллерами, приводами и программными модулями, подгружая конкретный драйвер.

Разработанные экраны настроек упрощают слежение за физическими параметрами ячеек дистанционно, позволяют изменять заданные параметры в реальном времени.

В подсистеме АСОДУ АСКУ ЭС используется 4 вида устройств «Сириус»: «Сириус-2-Л», «Сириус-2-БСК», «Сириус-2-В», «Сириус-2-ТН». Внешний вид устройства «Сириус-2-В» представлен на рисунке 3. Для каждого из устройств был разработан отдельный экран настройки.



Рисунок 3 – Пример внешнего вида устройства «Сириус»

Пример разработанного экрана настроек ячейки «Сириус-2-БСК» представлен на рисунке 4.

НАСТРОЙКИ 2 БСК											
Номинальное напряжение ТН	03 кВ	03 кВ	Ток срабатывания МТЗ-3	1000 А	1000 А	Работа по току 3й 50 Гц	ВКЛ	1	АГВ при срабатывании ЗПН-1	ОТКЛ	0
Номинальный ток ТТ	100 А	100 А	Выдержка времени на срабатывание МТЗ-3	400 с	400 с	Работа по току 3й вышших гармоник	ОТКЛ	0	Функция ЗПН	ОТКЛ	0
Номинальный ток ТТ на вторичной обмотке	5 А	5 А	Ускорение при включении МТЗ-3	ОТКЛ	0	Работа по напряжению 3У0	ОТКЛ	0	Напряжение срабатывания	1000 В	1000 В
Режим сигнализации	НЕПР	0	Характеристика МТЗ-3	НЕЗАВ	0	Ток срабатывания на частоте 50Гц	150 мА	150 мА	Выдержка времени на срабатывание	1 с	1 с
Наличие ТНЧР	ОТКЛ	0	Пуск по U МТЗ-3	ОТКЛ	0	Ток срабатывания по высшим гармоникам	200 мА	200 мА	Контроль по току дуговой защиты	ВКЛ	1
ТТ фазы В	ВКЛ	1	Время срабатывания МТЗ при ускорении	20 с	20 с	Напряжение срабатывания	200 В	200 В	Ток контроля дуговой защиты	100 А	100 А
Черезоване фаз	ПРИМСЕ	0	Пуск по U	ВМ	0	Характеристика ОЗЗ	НЕЗАВ	0	Функция УРОВ	ОТКЛ	0
Цвет светодиодов «ПТВ» и «РТО» на лицевой панели	КРЗЕЛ	0	Время срабатывания МТЗ при ускорении	200 В	200 В	Время срабатывания защиты от ОЗЗ	500 с	500 с	Ток срабатывания УРОВ	100 А	100 А
Функция автоматического управления	ОТКЛ	0	Напряжение U2 пуска по напряжению	500 В	500 В	Направленность защиты от ОЗЗ	ОТКЛ	0	Время срабатывания УРОВ	25 с	25 с
Задержка включения от автоматического управления	10 с	10 с	"Цифровая обора токовых цепей в "звезду" или в "треугольник"	Y	0	Угол максимальной чувствительности направленной защиты ОЗЗ	90	90	Функция АУВ	ВКЛ	1
Задержка отключения от автоматического управления	10 с	10 с	Функция ТЗНТ-1	ОТКЛ	0	Рамер сектора срабатывания направленной защиты ОЗЗ	90	90	Время включения выключателя АУВ	20 с	20 с
Действие на индикацию и опнг при нестое в цепи ТН 1 ф и 2 ф осевой шин	ОТКЛ	0	Выдержка времени на срабатывание данной ступени защиты ТЗНТ-1	0 с	0 с	Функция ЗБГ-1	ОТКЛ	0	"Выдержка времени на срабатывание отпала по входу "Приним не введены"	100 с	100 с
Задержка на формирование сигнала неустойчивости ТН	200 с	200 с	Ток срабатывания ТЗНТ-1	500 А	500 А	Выдержка времени на срабатывание данной ступени защиты ЗБГ-1	50 с	50 с	Выдержка времени на срабатывание второй ступени защ. от сннг. дав. азгаса (воздуха)	100 с	100 с
Величина, способ сраб. датч. неустойч. ТН при сннг. воеи фазных нарп. ниже зад порога	200 В	200 В	Ускорение при включении ТЗНТ-1	ОТКЛ	200	Ток срабатывания ЗБГ-1	500 А	500 А	Выдержка ограничения длительности команды "Возврат"	10 с	10 с
Порог сраб. по начр. обр. полова, при прее, которого сраб. сннг. нарп. в цепи ТН	100 В	100 В	Функция ТЗНТ-2	ОТКЛ	0	Функция ЗБГ-2	ОТКЛ	0	"Введение ограничения длительности команды "Отключить"	ОТКЛ	0
"Активная полнотасть сннг. "Автомат ТН"	НЗан 0	1	Выдержка времени на срабатывание данной ступени защиты ТЗНТ-2	80 с	80 с	Выдержка времени на срабатывание данной ступени защиты ЗБГ-2	50 с	50 с	Правильная длит. команды включить АУВ	100 с	100 с
Вывод пуск по U при некорректном ТН	Выв.ПУСКА	0	Ток срабатывания ТЗНТ-2	1500 А	1500 А	Ток срабатывания ЗБГ-2	500 А	500 А	Правильная длит. команды отключить АУВ	100 с	100 с
Функция МТЗ-1	ВКЛ	1	Ускорение при включении ТЗНТ-2	ОТКЛ	0	Функция ЗНТ	ОТКЛ	0	Наличие второго амперометра отключения АУВ	ОТКЛ	0
Ток срабатывания МТЗ-1	300 А	300 А	Функция ТЗНТ-3	ОТКЛ	0	Действие ЗНТ	СИГНАЛ	0	Функция защиты ЗМВ от длительного протекания тока АУВ	ОТКЛ	0
Выдержка времени на срабатывание МТЗ-1	0 с	0 с	Выдержка времени на срабатывание данной ступени защиты ТЗНТ-3	300 с	300 с	Отношение токов для срабатывания ЗНТ	10	10	Выдержка времени на срабатывание защиты ЗМВ от длительного протекания тока	200 с	200 с
Ускорение при включении МТЗ-1	ОТКЛ	0	Ток срабатывания ТЗНТ-3	500 А	500 А	Выдержка времени на срабатывание ЗНТ	1000 с	1000 с	Функция защиты ЗМО от длительного протекания тока АУВ	ОТКЛ	0
Пуск по U МТЗ-1	ОТКЛ	0	Ускорение при включении ТЗНТ-3	ОТКЛ	0	Функция ЗМН	ОТКЛ	0	Выдержка времени на срабатывание защиты ЗМО от длительного протекания тока	100 с	100 с
Функция МТЗ-2	ОТКЛ	0	Функция ЗОФ	ОТКЛ	0	Действие ЗМН	СИГНАЛ	0	Выдержка времени на срабатывание защиты ЗМО от длительного протекания тока	200 с	200 с
Ток срабатывания МТЗ-2	1100 А	1100 А	Действие ЗОФ	СИГНАЛ	0	Напряжение срабатывания ЗМН	100 В	100 В	Выдержка времени на срабатывание защиты от некорректного режима	100 с	100 с
Выдержка времени на срабатывание МТЗ-2	200 с	200 с	Ток срабатывания (201) ЗОФ	80	80	Выдержка времени на срабатывание ЗМН	1000 с	1000 с	Срабатывание УРОВ с ускорением при выключении отключении дачения азгаса	ОТКЛ	0
Ускорение при включении МТЗ-2	ОТКЛ	0	Действие ЗОФ	СИГНАЛ	0	Функция ЗПН-1	ОТКЛ	0	Управление разрешением ТУ	ПЕРЕКЛ	0
Характеристика МТЗ-2	НЕЗАВ	0	Ток срабатывания (201) ЗОФ	80	80	Напряжение срабатывания ЗПН-1	1200 В	1200 В	Необходимость квитирования выключателя по ТУ или ЛС	ОТКЛ	0
Пуск по U МТЗ-2	ОТКЛ	0	Выдержка времени на срабатывание ЗОФ	300 с	300 с	Выдержка времени на срабатывание ЗПН-1	8 с	8 с	ТУ по ЛС	ВКЛ	1
Функция МТЗ-3	ОТКЛ	0	Функция защиты от однофазных замыканий на землю	ВКЛ	1	Напряжение срабатывания АГВ ЗПН-1	1000 В	1000 В	"Активная полнотасть сигнала "Автомат ЦТ"	НР	0
Действие МТЗ-3	СИГНАЛ	0	Действие защиты от однофазных замыканий на землю	ЗАЩИТА	1	Время АГВ после ЗПН-1	2 с	2 с			

Рисунок 4 – Экран настроек ячейки «Сириус-2-БСК»

В результате внедрения экранов настройки ячеек «Сириус» на шахте «Увальная» появилась возможность отслеживать все параметры устройств, осуществлять управление значениями физических параметров, обеспечить безопасную эксплуатацию технологического оборудования.

Проблемы отслеживания аварийных ситуаций были решены за счет добавления возможности изменения оператором контролируемых параметров, таких как номинальное напряжение, режим сигнализации, номинальный ток и т. д., а также облегчения контроля за их текущими значениями.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЯ «МЕТОД ПЧЕЛИНОЙ КОЛОНИИ» УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА «МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ. МЕТОДЫ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА» ПРИ ПОИСКЕ ГЛОБАЛЬНОГО МИНИМУМА ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ

Лаптев В.В.¹

Научный руководитель: к.т.н. Михайлова О.В.²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

В настоящее время теория оптимизации, успешному применению которой способствует бурный прогресс в развитии средств вычислительной техники, вносит заметный вклад в ускорение научно-технического прогресса. Трудно назвать такую отрасль инженерной деятельности, где бы ни возникали задачи оптимизационного характера. Это, например, задачи определения наиболее эффективного режима работы различных технических систем, задачи организации производства, дающего возможную наибольшую прибыль при заданных ограниченных ресурсах, транспортные задачи и многие другие [1].

В наиболее общем смысле теория оптимизации представляет собой совокупность фундаментальных математических результатов и численных методов, ориентированных на нахождение и идентификацию наилучших вариантов из множества альтернатив и позволяющих избежать полного перебора и оценивания возможных вариантов.

Особенная необходимость в методах оптимизации возникает из-за сложности математического моделирования процессов, протекающих в той или иной сфере. Не существует одного универсального метода для эффективного решения всех задач оптимизации, поэтому важно уметь применять тот или иной метод в зависимости от ситуации или уметь комбинировать различные алгоритмы оптимизации для достижения поставленной цели. Использование в образовательном процессе учебного комплекса поможет организовать работу студентов и познакомить их с методами оптимизации.

Метаэвристические методы оптимизации. Метаэвристика - это высокоуровневая проблемно-независимая алгоритмическая структура, которая предоставляет набор рекомендаций или стратегий для разработки алгоритмов эвристической оптимизации.

Эвристические методы основаны на подсознательном мышлении и характеризуются неосознанным (интуитивным) способом действий для достижения осознанных целей. Эвристические методы еще называют методами инженерного (изобретательного) творчества.

Эвристический алгоритм - это алгоритм решения задачи, правильность которого для всех возможных случаев не доказана, но про который известно, что он даёт достаточно хорошее решение в большинстве случаев. В действительности может быть даже известно (то есть доказано) то, что эвристический алгоритм формально неверен. Его всё равно можно применять, если при этом он даёт неверный результат только в отдельных, достаточно редких и хорошо выделяемых случаях или же даёт неточный, но всё же приемлемый результат [2].

Проще говоря, эвристика - это не полностью математически обоснованный (или даже «не совсем корректный»), но при этом практически полезный алгоритм.

Методы роевого интеллекта. Методы «роевого» интеллекта имитируют процессы поведения живых организмов (роя). Основная идея состоит в моделировании поведения роя при поиске пищи (минимума функции). Каждый член роя рассматривается как частица в многомерном пространстве, которая имеет положение и присущие ему признаки (скорость, и т.п.). Члены роя сообщают друг другу информацию о хороших позициях друг друга и используют ее для корректировки своего положения и скорости на каждой итерации.

К данной группе методов относятся:

- метод частиц в стае;
- метод муравьиных колоний;

- метод имитации поведения бактерий;
- методы пчелиных колоний;
- метод, имитирующий поведение рыб в стае;
- метод, имитирующий поведение летучих мышей;
- метод, имитирующий поведение светлячков;
- метод, имитирующий поведение лягушек.

Метод пчелиной колонии. Метод пчелиной колонии относится к алгоритмам поиска, основанном на поведении пчелиного роя при поиске нектара (наибольшая концентрация цветов). Первый шаг в реализации метода пчелиной колонии (или роя пчел МРП) – это выбор параметров, которые необходимо оптимизировать. Далее идет определение допустимого интервала, который используется для поиска оптимальных значений. Затем в допустимой области случайным образом располагают пчёл (агентов), а также задают векторы и скорости их движения. Затем каждая пчела (частица) должна перемещаться через пространство решений, имитируя пчелу в рое. Алгоритм действует на каждую пчелу (частицу) отдельно, перемещая ее на небольшую величину, при этом циклично двигая ее через весь рой.

Следующие шаги применяются к каждой частице:

Шаг 1. Оценка пригодности для частицы, сравнение с ПНП и ГНП. Функция пригодности с помощью координат частицы в пространстве решений возвращает значение пригодности для текущей позиции. Если это значение больше, чем значение ПНП, соответствующее этой частице, или больше значения ГНП, тогда соответствующие позиции заменяются текущей позицией.

Шаг 2. Корректировка скорости частицы. Манипуляции со скоростью частицы - основной элемент всей оптимизационной задачи. Точное понимание уравнения, используемого для определения скорости - есть ключ к пониманию всего процесса оптимизации. Скорость частицы изменяется в соответствии с взаимным расположением позиций ГНП и ПНП. Она стремится в направлении этих позиций наибольшей пригодности в соответствии со следующим уравнением:

$$v_n^{i+1} = w * v_n^i + c_1 rand() * (p_n - x_n) + c_2 rand() * (g_n - x_n), \quad (1)$$

где v_n^{i+1} - это скорость частицы в n-том измерении на предыдущем шаге,

x_n - это координата частицы в n-том измерении,

p_n - персональная наилучшая позиция частицы,

g_n - глобальная наилучшая позиция частиц роя.

Расчет производится для каждого из N. Из данного уравнения видно, что новая скорость получается из старой путем простого масштабирования на w, и прибавления направления ПНП и ГНП для этого конкретного направления. c_1 и c_2 — это масштабные коэффициенты, определяющие то, насколько частица равноудалена к ПНП и ГНП.

Здесь c_1 — это коэффициент, определяющий какое влияние на частицу оказывает ее память о ПНП, а c_2 — коэффициент, определяющий какое влияние на частицу оказывают остальные пчелы (члены роя). Увеличение c_1 предполагает исследование пространства решений путем движения каждой частицы в направлении своего ПНП. Увеличение c_2 предполагает исследование предполагаемого глобального минимума. Функция $rand()$ – генератор случайных чисел, возвращает число, находящееся в интервале между -1 и 1. Большинство реализаций используют две независимые случайные величины для стохастического изменения относительного притяжения ПНП и ГНП. Введение случайного элемента в оптимизацию предназначено для моделирования малого непредсказуемого компонента реального поведения роя пчёл. W называют «инерционным весом», и это число (выбранное в интервале между 0 и 1) отражает в какой мере частица остается верной своему первоначальному курсу, не подвергнувшись влиянию ПНП и ГНП [3].

Описание терминологии:

- Частица или агент – каждая пчела в рое рассматривается как частица или агент.

Все частицы роя действуют индивидуально в соответствии с одним управляющим принципом: ускоряются в направлении наилучшей персональной и наилучшей общей позиции, и постоянно проверяют значение текущей позиции.

– Позиция – аналогично местоположению пчелы на поле представляется координатами на плоскости. Однако, в общем случае, можно расширить эту идею в любое N-мерное пространство в соответствии с поставленной задачей. Это N-мерное пространство является областью решений для оптимизируемой задачи, где каждый набор координат представляет решение.

– Пригодность – по аналогии с примером пчелиного роя функция пригодности будет плотностью цветов: чем больше плотность - тем лучше позиция. Функция пригодности служит средством связи между физической проблемой и алгоритмом оптимизации.

– Персональная наилучшая позиция – по аналогии с пчелиным роем, каждая пчела помнит позицию, где она сама обнаружила наибольшее количество цветов. Эта позиция с наибольшим значением пригодности, обнаруженная пчелой, известна как персональная наилучшая позиция (ПНП). Каждая пчела имеет собственную ПНП, определяемую путем, который она пролетела. В каждой точке, вдоль пути движения, пчела сравнивает значение пригодности текущей позиции со значением ПНП. Если текущая позиция имеет значение пригодности выше, то значение ПНП заменяется на значение текущей позиции.

– Глобальная наилучшая позиция – каждая пчела также каким-то образом узнает область наибольшей концентрации цветов, которая определяется всем роем. Эта позиция наибольшей пригодности известна как глобальная наилучшая позиция (ГНП). Для всего роя существует одна ГНП, к ней и стремится каждая пчела (агент). В каждой точке на протяжении всего пути каждая пчела сравнивает пригодность ее текущей позиции с ГНП. В случае, если какая-либо пчела обнаружит позицию с более высокой пригодностью, ГНП заменяется текущей позицией этой пчелы.

Типовой алгоритм метода пчелиного роя представлен на рисунке 1.

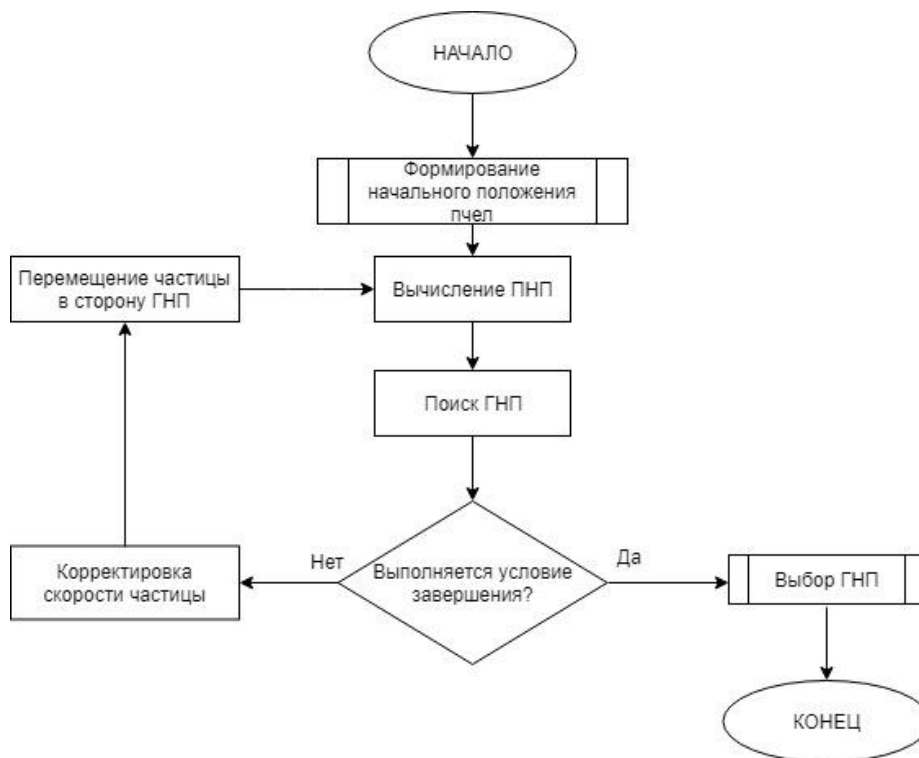


Рисунок 2 – Блок-схема классического метода пчелиного роя

Программный модуль. Программный модуль "Метод пчелиной колонии" учебно-исследовательского комплекса "Метаэвристические методы оптимизации. Метод роевого интеллекта" позволяет наглядно увидеть работу метода пчелиной колонии при поиске глобального минимума целевой функции. При этом пользователь может изменять входные значения:

- целевая функция;
- размерность задачи;
- количество частиц;
- коэффициент начальной скорости;
- приближение (точность нахождения решения).

Исследование. В ходе тестирования работы алгоритма был проведен анализ и построена закономерность. На рисунке 2 представлен график зависимости время работы алгоритма от количества частиц. Целевая функция для тестирования – функция Швевеля.

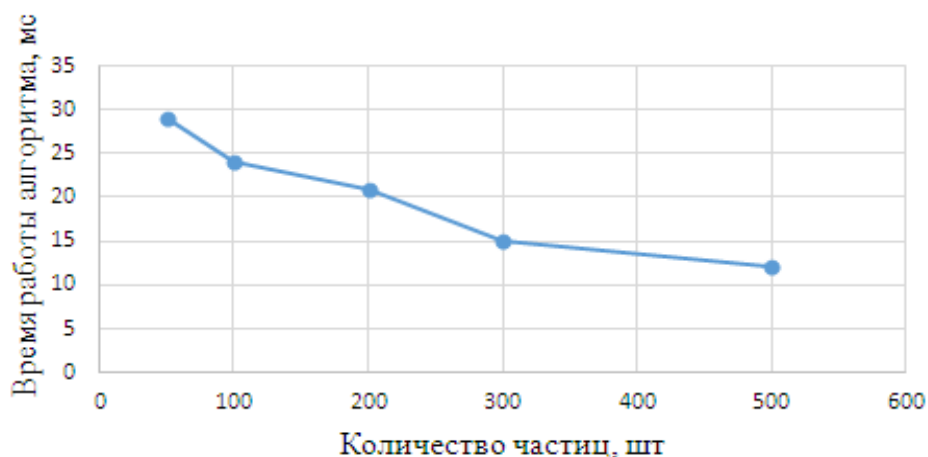


Рисунок 3 - График зависимости времени работы алгоритма от количества частиц

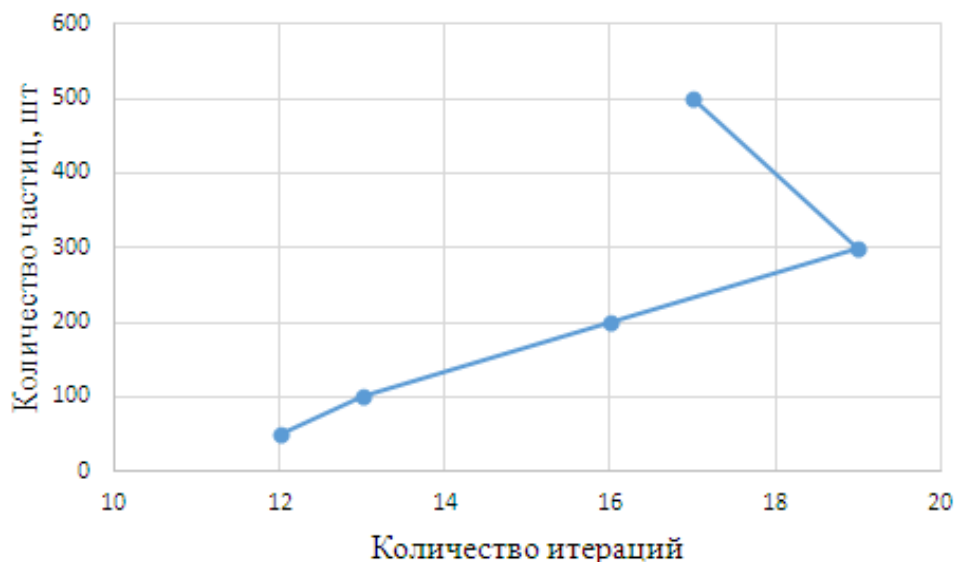


Рисунок 2 - График зависимости количества итераций, необходимых для решения задачи, от заданного количества частиц

По данным, полученным в результате исследования, можно сделать вывод: с увеличением числа частиц уменьшается число итераций, необходимых для решения поставленной задачи. Время работы алгоритма уменьшается до определенного момента, затем начинает вновь увеличиваться (при количестве частиц более 500).

Библиографический список

1. Мицель, А.А. Методы оптимизации : учебное пособие / А.А. Мицель, А.А. Шелестов. - Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2004. -256 с. – Текст: непосредственный.
2. Эвристические методы. - URL: <http://studfiles.net> (дата обращения 15.05.2019). – Текст: электронный.
3. Скаков, Е.С. Пчелиный алгоритм оптимизации для решения задачи планирования беспроводной сети / Е.С. Скаков. - URL: <http://www.swsys.ru/index.php?page=article&id=4179> (дата обращения 21.05.2019). – Текст: электронный.
4. Панченко Т.В. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с. – Текст: непосредственный.
5. Естественные алгоритмы. Алгоритма поведения роя пчёл. – URL: <https://habr.com/ru/post/104055/> (дата обращения 21.05.2019). – Текст: электронный.
6. Пантелеев, А.В. Методы глобальной оптимизации. Метаэвристические стратегии и алгоритмы / А.В. Пантелеев, Д.В. Метлицкая, Е.А. Алешина. – Москва: Вузовская книга, 2013. – 244с: ил. – Текст: непосредственный.

ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАМЯТИ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ НА ЯЗЫКАХ "С"

Красулин А.В.

Научный руководитель: Новоселова О.И.

*Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,
г. Новокузнецк, Россия*

Память компьютера является важным и дорогим ресурсом, поэтому при построении сложных промышленных систем, работающих в режиме жесткого реального времени, необходимо правильное его распределение.

В модель памяти с высокоуровневой точки зрения входят 3 типа памяти: статический, автоматический и динамический.

Статический – выделение памяти до начала исполнения программы. Такая память доступна на протяжении всего времени выполнения программы. Во многих языках для размещения объекта в статической памяти достаточно задекларировать его в глобальной области видимости.

Автоматический, также известный как «размещение на стеке», — самый основной, автоматически выделяет аргументы и локальные переменные функции, а также прочую метаинформацию при вызове функции и освобождает память при выходе из неё.

Стек, как структура данных, работает по принципу LIFO («последним пришёл — первым ушёл»). Другими словами, добавлять и удалять значения в стеке можно только с одной и той же стороны.

Автоматическая память работает именно на основе стека, чтобы вызванная из любой части программы функция не затёрла уже используемую автоматическую память, а добавила свои данные в конец стека, увеличивая его размер. При завершении этой функции её данные будут удалены с конца стека, уменьшая его размер. Длина стека останется той же, что и до вызова функции, а у вызывающей функции указатель на конец стека будет указывать на тот же адрес.

Проще всего это понять из примера на C++.

Стек при вызове последней рекурсивной функции будет выглядеть следующим образом (рисунок 1).

Детали реализации автоматической памяти могут быть разными в зависимости от

конкретной платформы. Например, кому очищать из стека метаинформацию функции и её аргументы: вызывающей функции или вызываемой? Как передавать результат: через стек или, что намного быстрее, через регистры процессора (память, расположенную прямо на кристалле процессора)? На все эти вопросы отвечает конкретная реализация calling convention — описание технических особенностей вызова подпрограмм, определяющее способы передачи параметров/результата функции и способы вызова/возврата из функции.

Таким образом, когда одна функция вызывает другую, последняя всегда в курсе, где ей взять свои аргументы: на конце стека. Но откуда ей знать, где конец стека? В процессоре для этого есть специальный регистр, хранящий указатель на конец стека. В большинстве случаев стек расположен ближе к концу виртуальной памяти и растёт в сторону начала.

Размер автоматической памяти, а он тоже фиксированный, определяется линковщиком (обычно — 1 мегабайт), максимальный размер зависит от конкретной системы и настроек компилятора/линковщика.

Если приложение выйдет за максимум автоматической памяти, его там может ждать Page Fault (сигнал SIGSEGV в POSIX-совместимых системах: Mac OS X, Linux, BSD и т. д.) — ошибка сегментации, приводящая к аварийному завершению программы.

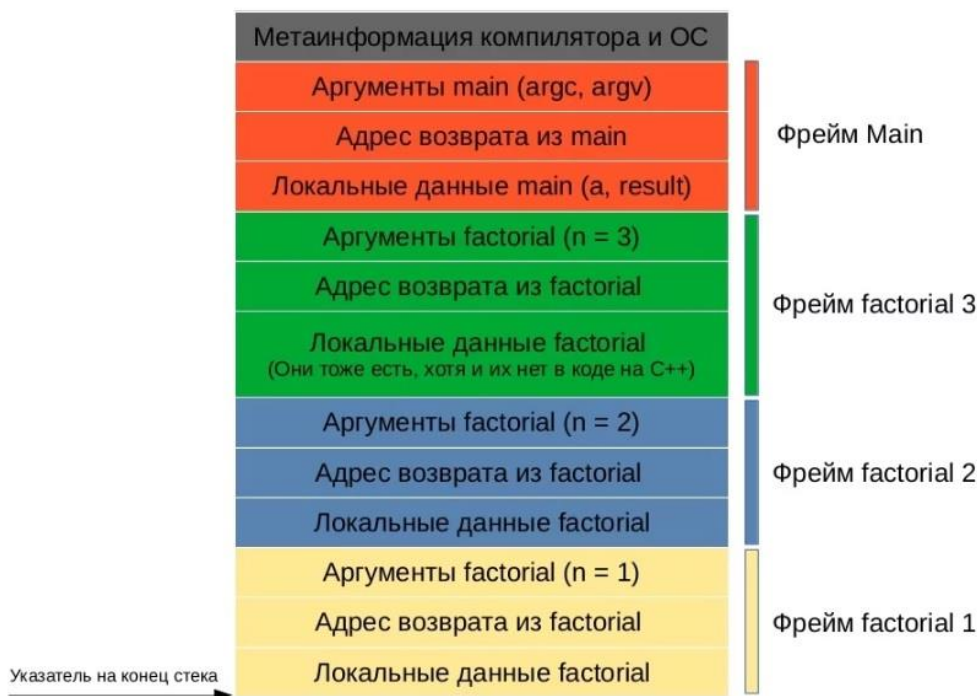


Рисунок 1 - Стек при вызове последней рекурсивной функции на C++

Динамическая память подразумевает выделение памяти из ОС по требованию приложения.

Автоматическая и статическая память выделяются единоразово перед запуском программы. При их нехватке, либо если модель LIFO не совсем подходит, используется динамическая память.

Приложение при необходимости может запросить у ОС дополнительную память через аллокатор или напрямую через системный вызов. Пример использования динамической памяти с помощью аллокатора приведен ниже на примере языка Си.

После выделения памяти в распоряжение программы поступает указатель на начало выделенной памяти, который, в свою очередь, тоже должен где-то храниться: в статической, автоматической или также в динамической памяти. Для возвращения памяти обратно в аллокатор необходим только сам указатель. Попытка использования уже очищенной памяти может привести к завершению программы с сигналом SIGSEGV.

Языки сверхвысокого уровня используют динамическую память как основную: со-

здают все или почти все объекты в динамической памяти, а на стеке или в статической памяти держат указатели на эти объекты.

Максимальный размер динамической памяти зависит от многих факторов. Среди них ОС, процессор, аппаратная архитектура в целом, не говоря уже о самом очевидном — максимальном размере ОЗУ у конкретного устройства.

У динамической памяти есть две явные проблемы. Во-первых, любое выделение/освобождение памяти в ОС – системный вызов, замедляющий работу программы. Решением этой проблемы является аллокатор.

Аллокатор – это часть программы, которая запрашивает память большими кусками напрямую у ОС через системные вызовы (в POSIX-совместимых ОС это *mmap* для выделения памяти и *unmap* – для освобождения), затем по частям отдаёт эту память приложению (в Си это могут быть функции *malloc()/free*). Такой подход увеличивает производительность, но может вызвать фрагментацию памяти при длительной работе программы.

malloc()/free и *mmap/unmap* – это не одно и то же. Первый является простейшим аллокатором в *libc*, второй является системным вызовом. В большинстве языков можно использовать только аллокатор по умолчанию, но в языках с более низкоуровневой моделью памяти можно использовать и другие аллокаторы.

Например, *boost::pool* аллокаторы, созданные для оптимальной работы с контейнерами (*boost::pool_allocator* для линейных (*std::vector*), *boost::fast_pool_allocator* для нелинейных (*std::map*, *std::list*)). Или аллокатор *jemalloc*, оптимизированный для решения проблем фрагментации и утилизации ресурсов CPU в многопоточных программах.

Из-за сложности программ очень трудно определить, когда необходимо освобождать память в ОС, и это вторая явная проблема динамической памяти. Если забыть вызвать *unmap()* или *free()*, то произойдет следующая ситуация: приложению память уже не нужна, но ОС всё ещё будет считать, что эта память используется программой.

Существуют несколько способов автоматического или полуавтоматического решения этой проблемы:

RAII (Получение ресурса есть инициализация): в ООП — организация получения доступа к ресурсу в конструкторе, а освобождения — в деструкторе соответствующего класса. Достаточно реализовать управление памятью в конструкторах и деструкторах, а компилятор вызовет их автоматически.

Умные указатели на основе RAII – указатели, автоматически владеющие динамической памятью, то есть автоматически освобождающие её, когда она больше не нужна.

Сборка мусора – одна из форм автоматического управления динамической памятью, которая помечает все доступные из стека или статической памяти динамически выделенные объекты. Объекты, до которых нельзя добраться через цепочку указателей, начиная с автоматической или статической памяти, т. е. не помеченные сборщиком мусора, очищаются.

У каждого способа управления динамической памятью есть свои плюсы и минусы. В основном приходится жертвовать производительностью программы ради скорости и простоты разработки, либо наоборот: высокая производительность, но и высокая требовательность к программистам, из-за чего вероятность ошибиться при разработке программы выше и медленней сам процесс.

Память - это мир компромиссов: производительность, простота в использовании, простота в реализации, совместимость с многопоточностью. Существует множество шаблонов управления памятью – какой-нибудь обязательно удовлетворит требования вашего проекта. Каждый шаблон имеет как свои преимущества так и недостатки. Стандартные методы подходят для большинства программ, но знания об альтернативных методах необходимы, когда у проекта появляются особые требования, связанные с многопоточностью, многозадачностью и детерминированностью.

О ПРИМЕНЕНИЕ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ РОБОТА-ГЕКСАПОДА, ОСНАЩЕННОГО СИСТЕМОЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Гасымов Р.Р., Монастырева К.И., Тимошенко И.С.
Научные руководители: к.т.н. Бабичева Н.Б., Гусев М.М.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Одним из перспективных направлений развития робототехники в мире является производство гексаподов. Под гексаподом понимается любой робот-паук, обладающий шестью конечностями для передвижения. Шесть ног и имитация движений насекомого – одно из популярных направлений в робототехнике. Впервые, кинематика гексапода была описана в 1956 году В. Е. Гью [1].

Популярность шагающих роботов во многом вызвана их главным преимуществом перед другими типами передвигающихся роботов – способностью преодолевать поверхности со сложной формой рельефа, а также адаптироваться к узким пространствам. В связи с данными особенностями робот-гексапод может применяться в следующем областях:

- Поиск людей, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций (обвалов, землетрясений, обрушений зданий);
- Мониторинг удаленных, труднодоступных или опасных объектов;
- Работа в неблагоприятных условиях окружающей среды (сильное задымление, угроза отравления продуктами горения вследствие лесного пожара, извержения вулкана или техногенной катастрофы);
- Поиск засоров, протечек и некачественных сварных швов в трубах;
- Анализ проходимости вентиляционных шахт.

Рассуждая о преимуществе гексапода перед другими видами шагающих роботов, следует обратить внимание на то, что конструкция обладает симметричной формой и возможностью подключения дополнительных опорных ног. В отличие от «четырёхногих» конструкций, предлагаемая модель робота с шестью точками опоры удерживает центр тяжести при перемещении в оптимальном положении, соответствующем начальному вертикальному положению. Помимо этого, шесть опорных точек позволяют одновременно приводить в движение до трех конечностей, сохраняя устойчивость на неровной поверхности. Таким образом, все ноги робота могут быть перемещены за два шага, что проблематично реализовать на платформе с четырьмя конечностями. Однако, не смотря на данные преимущества, недостатками шестиногой конструкции являются увеличенное энергопотребление относительно четырехногой системы, большая масса и общая загруженность оборудованием, обслуживающим все шесть ног, и как следствие относительная громоздкость.

Еще одним из популярных направлений в развитии робототехники является проектирование систем машинного зрения - технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных для решения разного рода прикладных задач без полного или частичного участия человека. Робот, оборудованный системой машинного зрения, способен анализировать окружающие его объекты и на основании получаемых им данных избирать алгоритм движения в зависимости от ситуации [2].

В зависимости от задач машинного зрения можно выделить различные подходы к обработке используемых изображений:

- машинное зрение, работающее с видеопотоком (серией снимков);
- машинное зрение, работающее с одним снимком.

В рамках настоящей работы более подробно будет рассмотрено использование потокового видео. Данная система наилучшим образом подойдет для взаимодействия с системами управления робота-гексапода. Особенность такого подхода состоит в том, что последовательность кадров рассматривается в совокупности, что, в свою очередь, позволяет делать выводы о реальном местоположении объектов, учитывая их физическое, пространственное и

временное положение.

Полезным дополнением к системам машинного зрения, ориентирующимся на использование видимого спектра излучения, может стать использование систем реагирования на длины волн, находящихся за пределами видимого спектра, например, инфракрасного или ультрафиолетового света. В рамках настоящей работы, будет рассматриваться преимущество совместного использования камер видимого спектра и тепловизионных камер для организации системы машинного зрения робота-гексапода.

Инфракрасные датчики и технологии термографии используются во всем мире в самых различных отраслях промышленности для мониторинга непрерывных технологических процессов. Развертка изображения по длине волны позволяет выявить тонкие спектральные различия, имеющие место при взаимодействии различных волн оптического диапазона с зондируемыми природными и антропогенными объектами.

Различные комбинации данных с устройств для видеосъемки позволяют осуществлять многоспектральный анализ данных, выявлять детальную структуру анализируемой сцены [3]. Составление тепловой карты окружающей местности позволит роботу-гексаподу более эффективно справляться со своими задачами по поиску людей, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций или по поиску засоров, протечек и некачественных сварных швов в трубах.

Обобщая все вышесказанное, можно построить следующую схему взаимодействия компонентов робота-гексапода, оснащенного системой машинного зрения с использованием камерой видимого спектра и инфракрасного дальномера, представленную на рисунке 1.

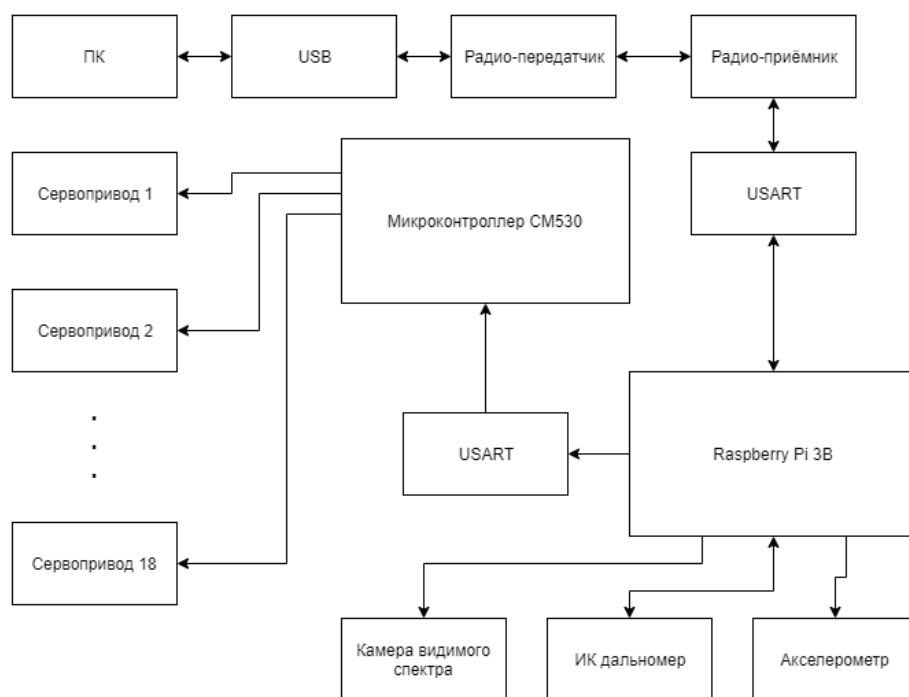


Рисунок 1 – Принципиальная схема взаимодействия компонентов робота-гексапода

Согласно данной схеме, управление системами робота разнесено на два отдельных контроллера, в качестве таковых выступают непосредственно контроллер робота-гексапода CM530, осуществляющий управление конечностями, и микрокомпьютер Raspberry Pi 3B, осуществляющий взаимодействие с периферийными датчиками. К контроллеру CM530 последовательно подключаются 18 сервоприводов, по 3 на каждую конечность. Каждый сервопривод обладает собственным микроконтроллером, позволяющим однозначно идентифицировать его в общей совокупности сервоприводов. Благодаря возможности контроллера CM530 выполнять программу, будучи подключенным к ПК через проводное соединение, можно реализовать эффективную связку программы гексапода со сложноструктурированной базой данных системы машинного зрения. Одноплатный микрокомпьютер Raspberry Pi 3B, ввиду своих относительно

малых габаритов, может быть размещен непосредственно на корпусе гексапода. Также данный микрокомпьютер выполняет задачу обмена данными с удаленным ПК. Удаленный ПК способен отправлять команды на Raspberry Pi 3B, а также принимать от него изображения через Wi-Fi при условии их нахождения в одной локальной сети.

В заключение следует еще раз отметить перспективность разработки робота-гексапода, оснащенного системой машинного зрения на инфракрасных датчиках. Активное развитие робототехники в данном направлении поспособствует коренным изменениям в технологии разведки и удалённого анализа исследуемых объектов и явлений.

Библиографический список

1. Афанасьев О.А., Гендель В.С., Зимин А.В. Шагающие машины // Теория Механизмов и Машин. 2005. №1. Том 3
2. Дятлов Е.И. Машинное зрение (аналитический обзор) // Математические машины и системы. Киев: 2013. С. 32-40.
3. А.Н.Виноградов, В.В.Егоров, А.П.Калинин и др., Комплексный анализ изображений по данным видео, гиперспектрального, уф-с и тепловизионного каналов // Системные аспекты использования и аппаратное обеспечение систем технического зрения. М: Техническое зрение, 2014. С. 22-31.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ DISC В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД

Гейль К.Э.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

В настоящее время все большее внимание уделяется созданию студенческих команд в различных сферах. Все быстрее закрепляется понятие «проектная команда», которое подразумевает группу студентов, объединенных для достижения общих целей и решение, поставленных перед ними задач в течение жизненного цикла проекта. Каждый член команды выполняет определенные функции. При правильном подборе команды обеспечивается взаимосвязь членов команды, что первостепенно влияет на успешность проекта.

Но главной проблемой в формировании команды является правильный выбор роли каждого из её участников. Основная роль в команде – лидер. Правильно выбранный лидер сплачивает команду, распределяет обязанности и несет ответственность за проект. Когда студенты оказываются на роли, которая им не подходит, эффективность проектной команды значительно падает.

Но как участнику правильно выбрать свою роль в команде? Для этого существуют способы определения роли, одним из которых является DISC (Dominance-Influence-Stability-Compliance) психология.

Технология DISC

DISC – это классификация психотипов: «доминанция», «влияние», «стабильность», «система». Это четырехсекторная поведенческая модель для исследования поведения людей в окружающей их среде или в определённой ситуации [1].

В этой психологии существуют 4 типа личности:

- Доминирующий (Dominance) – обозначается буквой D;
- Влияющий (Inducement) – обозначается буквой I;
- Стабильный (Steadiness) – обозначается буквой S;
- Добросовестный (Compliance) – обозначается буквой C.

Любой человек в разные моменты времени может быть в разных стилях DISC, в каких-то чаще, в каких-то реже. Однако, при формировании проектной команды важно в каком

стиле он находится именно сейчас. У каждого из типов есть сильные и слабые стороны, а также желательные роли для них в команде [2].



Рисунок 1 – Типы характера и его особенности

Доминирующий(D)

Победа во всем – это основная цель. Такие люди боятся поражения. Свои награды они всегда разместят на видном месте.

Сильные стороны: активные, они всегда отстаивают свой взгляд на проблему. Работают на результат. Им комфортно в постоянно меняющихся условиях, ситуациях где себя можно проявить, где они откроют новые возможности для себя.

Слабые стороны: слишком прямолинейны, грубые. В состоянии стресса склонны проявлять агрессию. В погоне за результатом не обращают внимание на важные нюансы.

Отличные лидеры или руководители. Их ценность для команды: ориентирована на выполнение цели, а еще они хорошие организаторы.

Влияющий(I)

Их мотивация — признание, новые возможности. Не выносят безразличия к себе. «Влияющие» заряжают своим оптимизмом.

Сильные стороны: креативные, любовь ко всему новому. Также неординарное мышление является их основной силой.

Слабые стороны: Рассеянные. Часто становятся навязчивыми в состоянии стресса. Мелкие детали и работа с цифрами не их стихия.

Мотивация других на результат делают их незаменимыми в команде. Креативны и эффективны в творческом подходе к работе. Они хорошие командные игроки. Эти люди обладают очень высокой харизмой, что делает их очень ценными для команды.

Стабильный(S)

Стабильность и хорошие взаимоотношения – это их основная задача. Любят стабильность, перемены не для них. Они — прирожденные психологи.

Сильные стороны: аккуратность во всем: как в делах, так и вещах. Внимательны и самое главное, стабильны.

Слабые стороны: не терпят перемен и очень зависимы от других. Никогда не скажут о своих проблемах кому-либо. В стрессе для них характерно соглашаться.

Работают для достижения цели. Это именно те командные игроки, которые прекрасно себя зарекомендуют в работе, связанной с объединением людей. Терпеливость это их основная сила, позволяющая искать индивидуальный подход к каждому.

Добросовестный(C)

Мотивирует их системность во всем. Допустить ошибку для них непозволительно. Не

любят неопределенности. Быть правым – это для них все.

Сильные стороны: способность замечать самые мелкие детали. Аккуратность во всем и системность в процессах. Точность и порядок во всех аспектах их деятельности.

Слабые стороны: излишняя скрупулезность, склонность к осуждению, отсутствие гибкости. Уходят в себя, замыкаются, если не чувствуют своей значимости.

Разработка и поддержка стандартов – вот что делает их такими ценными. Тщательность в работе и систематизация материала. На должностях, требующих внимания, системности и усидчивости им нет равных.

Как и в любой другой типологии, почти никогда не встречаются человек только с одним типом. В каждом из нас есть черты каждого из типов, но один из них все равно будет доминировать.

Пример определения типа

Для определения типа, человек проходит тест. На основе его ответов, определяется тип. Например, на рисунке 2 получены ответы человека.

Ответ
1г, 2г, 3г, 4в, 5в, 6б, 7б, 8г, 9б, 10б, 11в, 12в, 13б, 14а, 15а

Рисунок 2 – Ответы на тест

После ответы сравниваются с «ключом» к тесту и после определяется преобладающий тип. Ключ на рисунке 3.

Тип	Ответ
D	1б, 2в, 3г, 4а, 5в, 6в, 7б, 8б, 9а, 10а, 11б, 12г, 13б, 14б, 15а
I	1а, 2б, 3б, 4в, 5б, 6а, 7б, 8в, 9г, 10б, 11в, 12а, 13а, 14в, 15б
S	1в, 2а, 3в, 4г, 5а, 6г, 7а, 8а, 9б, 10б, 11г, 12б, 13в, 14г, 15в
C	1г, 2г, 3а, 4б, 5г, 6б, 7а, 8г, 9в, 10а, 11а, 12в, 13г, 14а, 15г

Рисунок 3 – Ключ к тесту

Для наглядности строится гистограмма, рисунок 4.

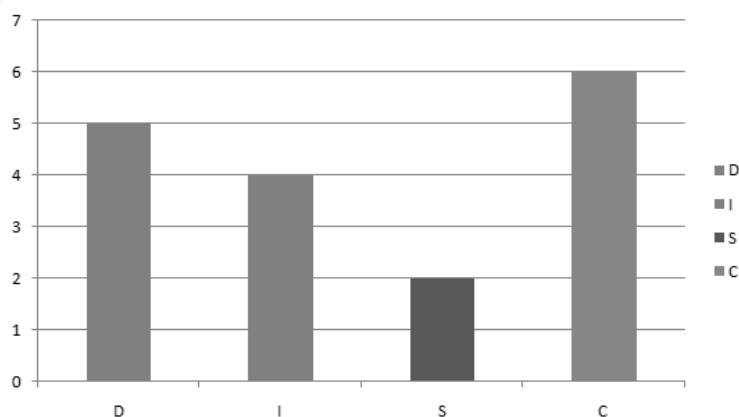


Рисунок 4 – Гистограмма для данных ответов

У человека, давшего такие ответы, преобладал бы «Добросовестный» характер.

Но проводить такой тест с каждым студентом не очень эффективно, для этого написано ПО, автоматизирующее этот процесс.

Схема работы алгоритма

Алгоритм работы, который обеспечивает функционирование программного обеспечения, изображен на рисунке 5. Рассмотрение данной блок-схемы алгоритма позволит более лучше понять архитектуру программы.

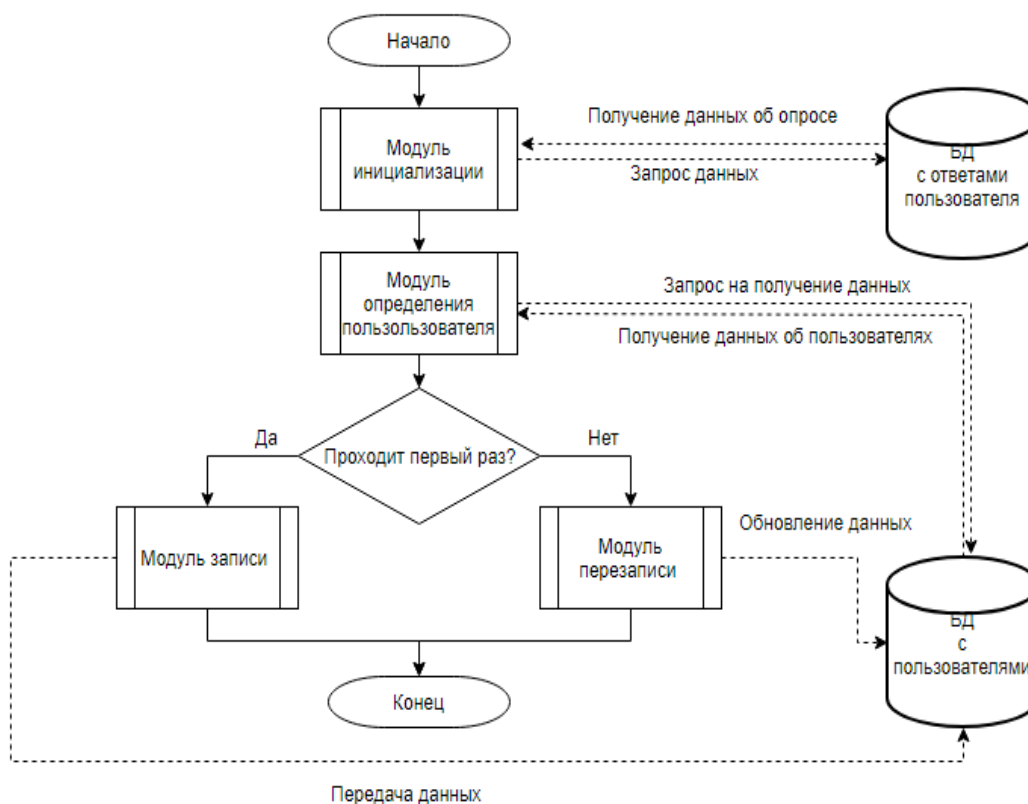


Рисунок 5 – Схема работы алгоритма

На рисунке 5 видно, что блок-схема программного обеспечения включает следующие основные модули:

- Модуль инициализации – обеспечивает контроль получения данных о пользователях, прошедших тест.
- Модуль определения пользователя – ищет пользователя в БД, определяют первый ли раз проходит тест.
- Модуль записи – записывает в БД данные о результатах нового пользователя.
- Модуль перезаписи – ищет пользователя в БД и перезаписывает его результаты.

Программное обеспечение

ПО работает следующим образом. Тестируемый проходит опросник, эта информация записывается в базу данных с ответами пользователя. Через модуль инициализации данные из базы данных подгружаются в программу. На основе ответов тестируемого определяется тип личности и строится гистограмма психотипов. Тестирование можно проходить любое количество раз, но в базе данных хранится результат только последнего тестирования.

Программа выдает результат, идентичный ручному подсчету данных психотипа по технологии DISC. Однако, программа минимизирует влияние человеческого фактора в процессе подсчета результатов опроса. Данный факт делает программу точнее, а более обширные возможности компьютера, позволяют выполнять проверку в больших объемах. При этом значительно экономится время, затрачиваемое на обработку результатов. Поэтому проектные команды будут формироваться гораздо эффективнее.

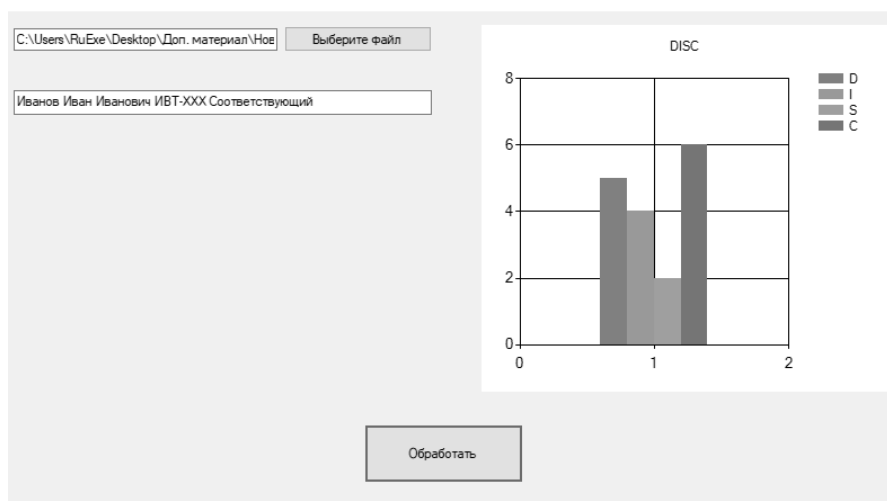


Рисунок 6 – Рабочее окно программы

Заключение

В результате проведенной работы было спроектировано необходимое программное обеспечение, которое автоматизирует процесс определения типа человека. В связи с активным развитием проектов во всех сферах общества, полученное программное обеспечение, имеет потенциал развития.

Также это программное обеспечение можно успешно использовать и за рамками проектной команды. Например, при устройстве на работу, можно использовать этот тест, чтобы определить способности человека к управленчеству. Также в профориентации этот тест поможет определиться с выбором области будущей профессии. Составлять тест можно в большинстве сферах общества, но для того чтобы получить качественную оценку человека необходимо понимать психологию человека в конкретных ситуациях.

Библиографический список

1. Технология DISC [Электронный ресурс] // Свободная энциклопедия «Википедия» : сайт. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/DISC_\(психология\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/DISC_(психология)) (дата обращения: 12.09.2019).
2. Боннестеттер Б. Дж., Сьютер Дж., Универсальный язык DISC, Руководство по применению, 2014.

К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ

Загидулин И.Р.

Сибирский государственный индустриальный университет г. Новокузнецк, Россия

Введение

Шахта – промышленное предприятие, осуществляющее добычу полезных ископаемых с помощью системы подземных горных выработок. Шахта включает наземные сооружения: копры, надшахтные здания, главные вентиляторные установки, дробильно-сортировочные комплексы, склады и совокупность подземных горных выработок, предназначенных для разработки месторождения в пределах шахтного поля [1].

Для комфортного самочувствия и высокого уровня трудоспособности каждому человеку необходим свежий и чистый воздух. Обеспечить циркуляцию свежего воздуха в шахте способна система вентиляции. Её суть состоит в подаче и распределении чистого (свежего) воздуха, а также в удалении загрязненного воздуха. В связи с этим различают нагнетательный, всасывающий и нагнетательно-всасывающий (комбинированный) способы вентиляции

[2]. Для должного функционирования системы вентиляции стоит побеспокоиться о правильной её организации еще на этапе проектирования шахты.

Но только этого будет недостаточно. Необходимо также постоянно следить за распределением воздуха по всем выработкам, забоям и т.д. Для этого необходимо измерять расход воздуха по всем ключевым точкам в шахте, а также прогнозировать возможный расход на этих точках.

В данной работе произведено исследование возможности использования некоторых методов прогнозирования (экстраполяции) данных о расходе воздуха в подземных выработках в условиях функционирования одной из шахт Юга Кузбасса. Были рассмотрены следующие методы экстраполяции: простая сдвигка, метод скользящих средних [3], метод экспоненциального сглаживания [4], а также рассмотрена возможность применения статистического имитационного моделирования для целей прогнозирования [5].

Применение методов экстраполяции

Известны натурные данные расхода воздуха на каждой замерной станции за каждую декаду мая и июня. Прогнозирование осуществляется на третью декаду июня, а натурные значения третьей декады используются для сравнения с прогнозными.

Для проведения расчетов используется Microsoft Office Excel 2016 как наиболее доступное и простое в обращении программное средство обработки данных.

При проведении исследования использовались следующие формулы:

- для метода скользящих средних (1):

$$y_{t+1} = m_{t-1} + \frac{1}{n}(y_t - y_{t-1}), \text{ если } n = 3; \quad (1)$$

где: $t + 1$ – прогнозный период;

t – период, предшествующий прогнозному периоду (год, месяц и т.д.);

y_{t+1} – прогнозируемый показатель;

m_{t-1} – скользящая средняя за два периода до прогнозного;

n – число уровней, входящих в интервал сглаживания;

y_t – фактическое значение исследуемого явления за предшествующий период;

y_{t-1} – фактическое значение исследуемого явления за два периода, предшествующих прогнозному;

- для метода экспоненциального сглаживания (2):

$$S_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)S_t; \quad (2)$$

где: t – период, предшествующий прогнозному; $t+1$ – прогнозный период; S_{t+1} – прогнозируемый показатель; α – параметр сглаживания; y_t – фактическое значение исследуемого показателя за период, предшествующий прогнозному; S_t – экспоненциально взвешенная средняя для периода, предшествующего прогнозному;

- для метода Монте-Карло (3):

$$x^{\text{оп}} \pm \Delta x \quad (3)$$

где $x^{\text{оп}}$ – опорное значение (среднее таблицы 1);

Δx – диапазон изменения опорного значения (дисперсия);

- для сравнения действительных значений с прогнозными (4):

$$\text{СМО} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i - y_i| \quad (4)$$

где N – количество значений;

x_i – действительные значения;

y_i – спрогнозированные значения.

Для прогнозирования методом Монте-Карло было сгенерировано сто случайных чисел по нормальному и равномерному закону распределения. Среди них было выбрано одно число как прогнозное двумя способами: среднеарифметическим и случайно.

Лучшим вариантом прогнозирования является генерирование случайных чисел по рав-

номерному закону и подсчет среднеарифметического среди них. Все результаты прогнозирования представлены в таблице 1. В работе использовались более ста отсчетов натуральных данных, характеризующих расход воздуха. В таблице 1 для примера приведены только три отсчета.

Таблица 1 – Прогноз расхода воздуха различными методами

№	Действительное значение	Метод простой сдвижки	Метод скользящих средних	Метод экспоненциального сглаживания	Метод Монте-Карло(лучший)
	Q(ф), м ³ /мин	Q, м ³ /мин	Q, м ³ /мин	Q, м ³ /мин	Q, м ³ /мин
1	9300,000	9400,000	9386,667	9369,449	9214,886
2	11660,000	11840,000	11766,667	11759,506	11387,628
3	160,000	160,000	160,000	160,000	160,000

Исходя из вышесказанного составим сводную таблицу 2 по среднемодульным отклонениям каждого метода. На рисунке 1 представлено сведение графиков действительных значений третьей декады и прогнозных по методу сдвижки и Монте-Карло.

Таблица 2 – Среднемодульные отклонения

Метод простой сдвижки	Метод скользящих средних	Метод экспоненциального сглаживания	Методом Монте-Карло(лучший)
45,248	49,929	48,490	286,040

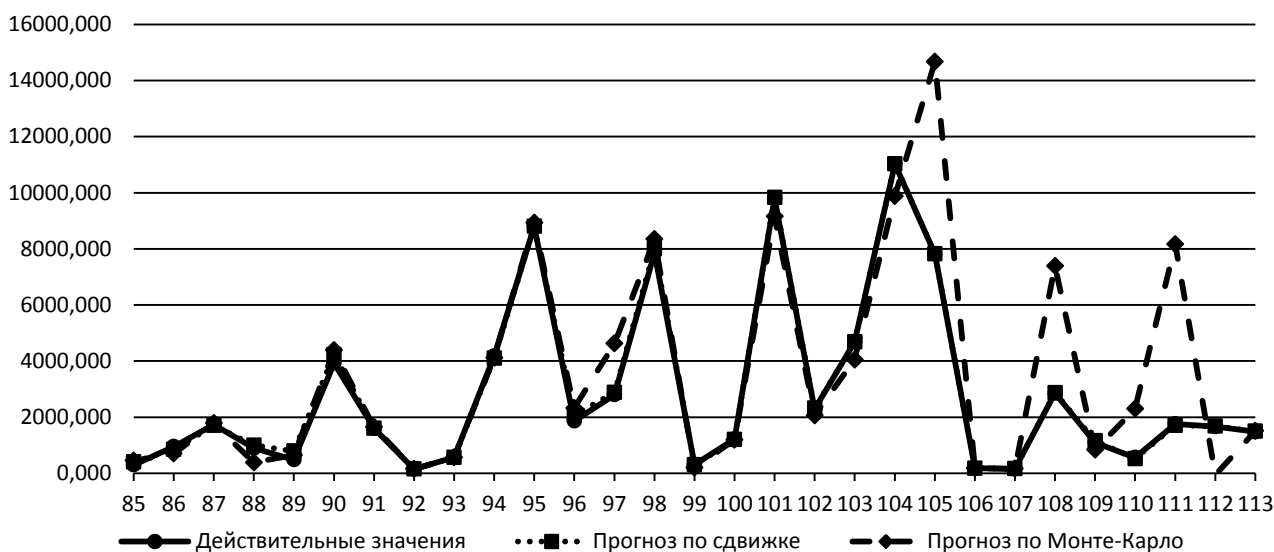


Рисунок 1 – Фактические и прогнозные значения расхода воздуха

Заключение

На основе таблицы 2 можно определить лучший метод прогнозирования из рассматриваемых по наименьшему среднемодульному отклонению. Это метод простой сдвижки, но и метод скользящих средних и метод экспоненциального сглаживания близки к значению первого, из чего можно сделать вывод, что все они могут использоваться, и итоговые показатели не будут сильно отличаться.

Однако эти методы применимы лишь при наличии начальных данных, исходя из которых можно спрогнозировать нужные. При отсутствии этих данных, методы будут бесполезны, однако метод Монте-Карло все еще можно будет использовать т.к. его самым главным преимуществом является независимость от исходных данных.

На фоне отсутствия начальных данных лучший вариант метода Монте-Карло дает не такое большое среднемодульное отклонение по сравнению с остальными вариантами и его все еще можно использовать в решении рабочих задач.

Библиографический список

1. Шахта [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D1%85%D1%82%D0%B0>
2. Ушаков, К.З. Аэрология горных предприятий /К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев; под редакцией проф., д-ра техн. наук К.З. Ушакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Недра, 1987. — 421с.
3. Разработка прогноза с помощью метода скользящей средней [Электронный ресурс] /. — Электрон. текстовые дан. — Режим доступа: <http://www.ekonomika-st.ru/drugie/metodi/metodi-prognoz-1-3.html>
4. Кильдишев, Г.С. Анализ временных рядов и прогнозирование /Г.С. Кильдишев, А.А. Френкель. — Москва: Статистика, 1973. — 104с.
5. Имитационное моделирование /В. Кельтон, А. Лоу. — 3-е изд. — СПб.; Питер: Киев: Издательская группа ВНУ, 2004, — 847 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕНЗОДАТЧИКА

Процан Н.С.

Научный руководитель: к.т.н. Андрианов О.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Задачей разработки являлось создание интеллектуального устройства с использованием тестовых методов повышения точности для диагностирования тензодатчика.

Система воздействует только на электрическую часть, потому как необходимо диагностировать только саму измерительную цепь тензодатчика.

Чтобы найти выходной сигнал ($U_{\text{вых}}$) необходимо знать чувствительность тензодатчика (C_n) и входное напряжение ($U_{\text{пит}}$). Чувствительность можно найти в характеристиках датчика. Далее из формулы чувствительности тензодатчика выражается формула для выходного напряжения:

$$U_{\text{вых}} = C_n * U_{\text{пит}},$$

Для того чтобы найти значение выходного сигнала при воздействии какого-либо груза нужно поделить все на максимальное количество веса, измеряемое тензодатчиком:

$$U_{\text{вых}} = \frac{C_n * U_{\text{пит}}}{E_{\text{max}}},$$

где E_{max} – номинальная нагрузка.

Чувствительность датчика C_n , мВ/В, максимальная нагрузка X_{max} , т., его напряжение питания варьируется от $U_{\text{пит}}^{\text{мин}}$ до $U_{\text{пит}}^{\text{макс}}$.

При изменении питания контролируется выходной сигнал.

На рисунке 1 располагается график зависимости выходного сигнала от питания тензодатчика. На оси X расположены минимальное, тестовое и рабочее напряжение питания, а на оси Y разница двух выходных сигналов, в дальнейшем с помощью этой самой разницы будет находится масса.

На рисунке 2 расположен график зависимости массы от выходного сигнала. По нему находится разница выходного сигнала при максимальной массе и разницу питающего напряжения. Здесь стоит добавить, что при уменьшении массы уменьшается и выходной сигнал, т.е. приходит к нулю. По линейному закону нужно соединить нуль с точками на графике прямой линией. При максимальном напряжении получается одно значение разницы выходного сигнала, а при тестовом напряжении другое. Все это получается при максимальной массе.

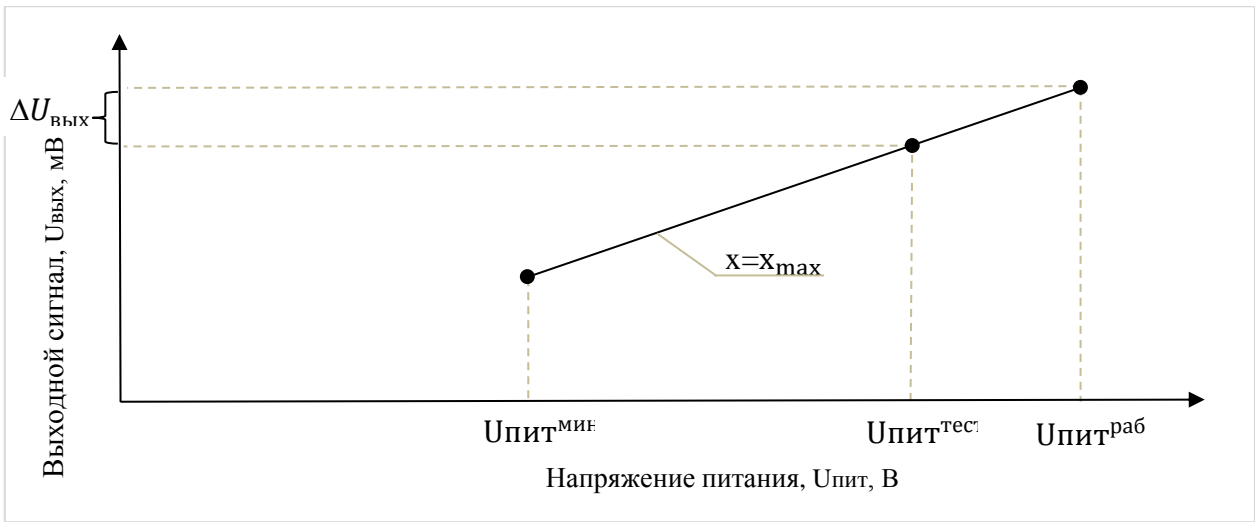


Рисунок 1 - График зависимости выходного сигнала от питания тензодатчика

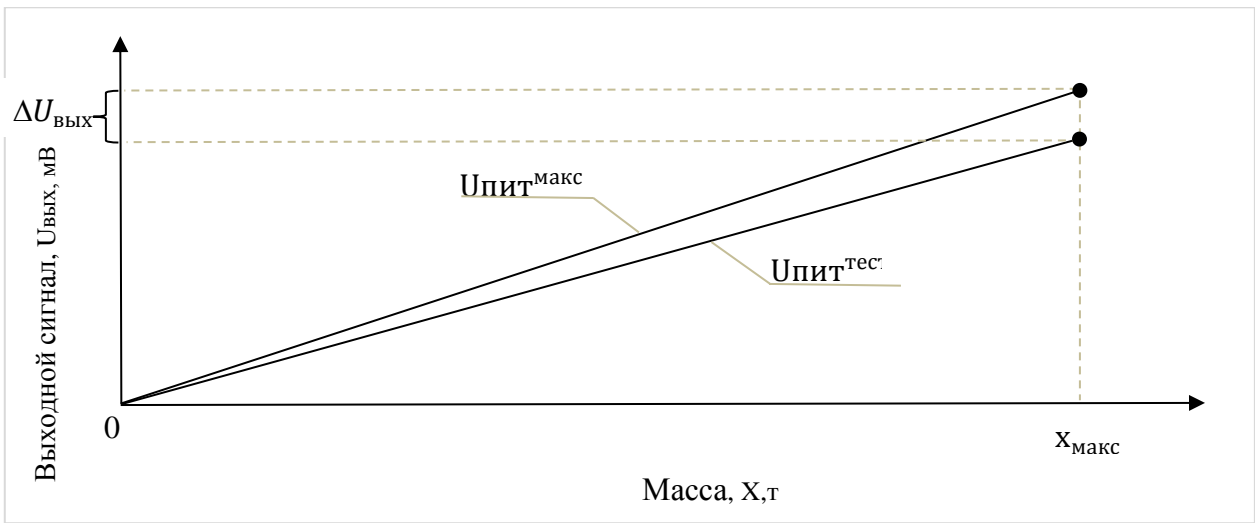


Рисунок 2 – График зависимости массы от выходного сигнала

Теперь переходим на последний график, который располагается на 3 рисунке. Это график определения массы груза по приращению сигнала.

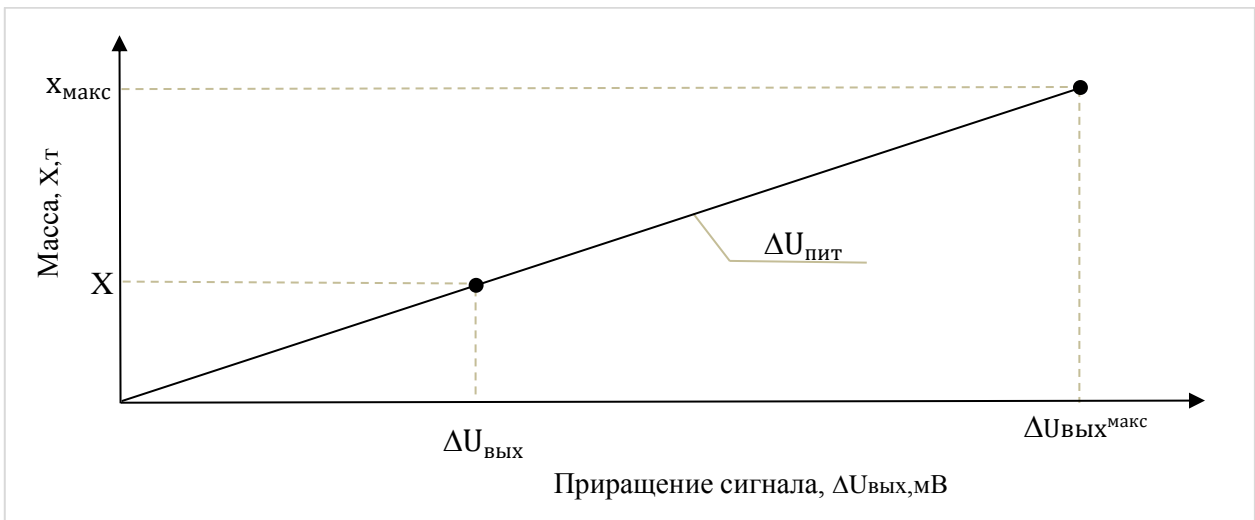


Рисунок 3 – График определения массы груза по приращению сигнала

По оси X расположены максимальная разность выходного сигнала, а по оси Y максимальная масса, т.е. имеется зависимость максимального выходного сигнала от максимальной массы. На самом графике проходит прямая от нуля, это прямая разности выходного напряжения, которая находится по первому графику. При любой массе имеется приращение сигнала. Эта зависимость есть в теории, а по сколько она есть, то ею можно пользоваться. Делается приращение, получается разность выходного сигнала, и по ней находится масса. Это для разницы питания найденное на втором графике, для другой разницы берется другой коэффициент.

Технические структуры вариантов реализации интеллектуального датчика

Предлагается 3 варианта структур интеллектуального устройства диагностирования датчика: интегрированная, с отдельным тензодатчиком и встраиваемая.

На рисунке 4 располагается интегрированное решение, т.е. вариант интегрирования устройства в сам тензометрический датчик. Данный вариант интегрирования самый сложный.

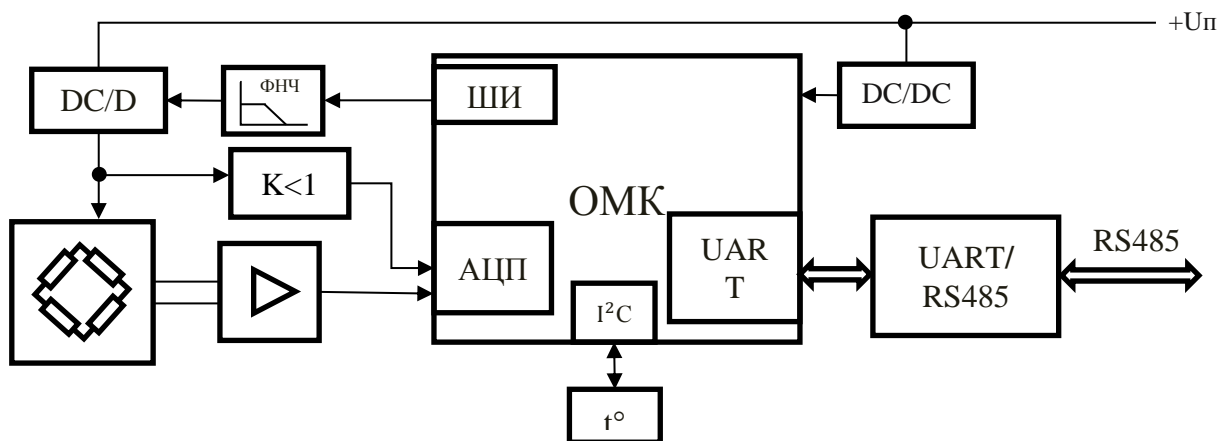


Рисунок 4 – Интегрированное решение

На рисунке 5 представлено решение с отдельным тензодатчиком, т.е. здесь представлен вариант отдельного устройства от тензодатчика.

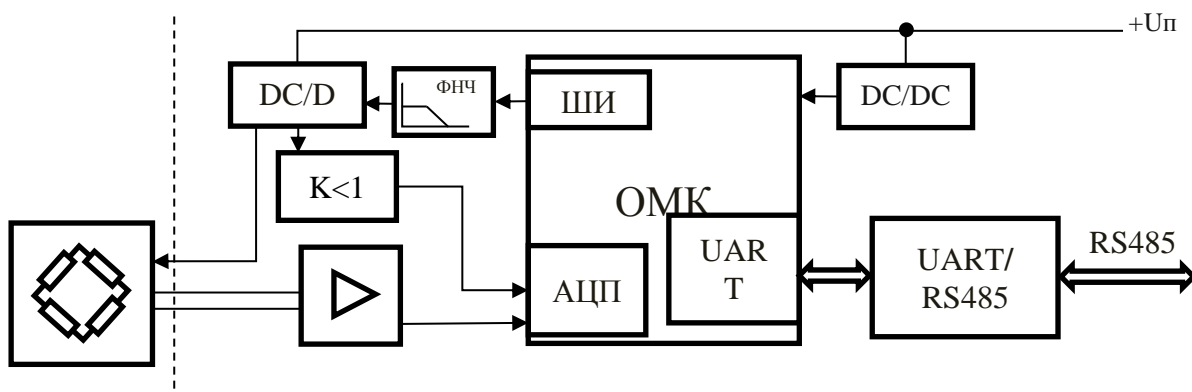


Рисунок 5 – Вариант решения с отдельным тензодатчиком

На рисунке 6 расположено встраиваемое решение, т.е. это вариант для встраивания в существующую тензометрическую систему.

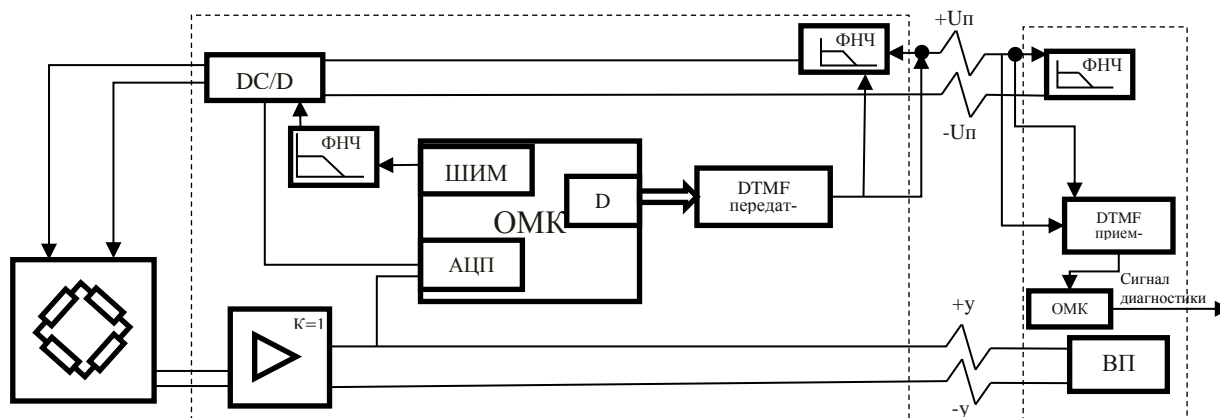


Рисунок 6 – Встраиваемое решение

На схемах представлено:

DC/DC – преобразователь напряжения;

$K < 1$ – делитель напряжения;

ФНЧ – фильтр низких частот;

ОМК – однокристалльный микроконтроллер;

ШИМ – широтный импульсный модулятор;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

DO – дискретный выход;

UART - универсальный асинхронный приёмопередатчик;

I2C – последовательная шина для связи блоков внутри устройства;

t° - датчик температуры;

RS485 – промышленный контроллер;

DTMF – микросхема тонального сигнала;

ВП – вторичный прибор.

Система диагностирования тензометрического датчика предназначена для того, чтобы следить за изменениями в электрической цепи тензодатчика. Тем самым эта система будет влиять на достоверность результата измерения и на повышение точности измерений на 18%. Также эта система является универсальной, потому как после небольшой доработки может быть установлена на любой другой датчик.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Калабин М.Г.

Научный руководитель: к.т.н. Андрианов О.Н.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

С учетом содержания современного инженерного образования преподаватели дисциплин общепрофессионального, профессионального и специального обучения стремятся использовать весь имеющийся в настоящее время образовательный инструментарий. Для достижения необходимого результата в зависимости от формы обучения студентов, преподаватели оптимизируют процесс профессиональной подготовки, применяя различные рациональные варианты изучения учебного материала и формирования необходимых квалификационных и личностных качеств будущих специалистов, с использованием существующих методов и средств, с опорой на начальные компетенции по изучаемым дисциплинам и взаимосвязь с производственными задачами.

Обучение будущих инженерных работников сложно представить без определенных необходимых средств обучения, к которым, относятся учебные макеты. Они представляют собой материальные и идеальные объекты, которые вовлекаются в образовательный процесс в качестве инструмента деятельности педагога и учащихся.

Макет (стенд) представляет собой компрессорную установку, которая состоит из двух, поршневых, компрессоров, размещенных на неподвижной деревянной панели. Здесь же размещены: контроллер на базе микроконтроллера PIC16F877A и блок питания, а также два ресивера соответствующими пневматическими принадлежностями. Датчик давления расположен на общем выходе воздушной магистрали для двух ресиверов. На рисунке 1 представлена функциональная схема модели автоматической компрессорной установки.

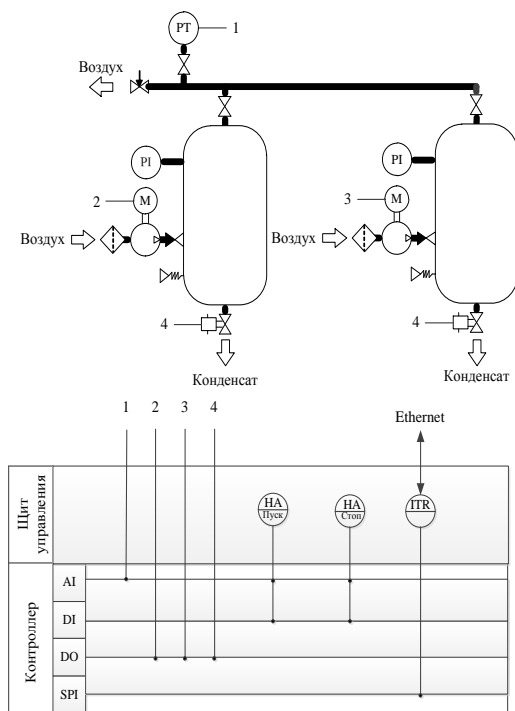


Рисунок 1 – Функциональная схема физической модели компрессорной установки

Монтажная схема компрессорной установки представлена на рисунке 2.

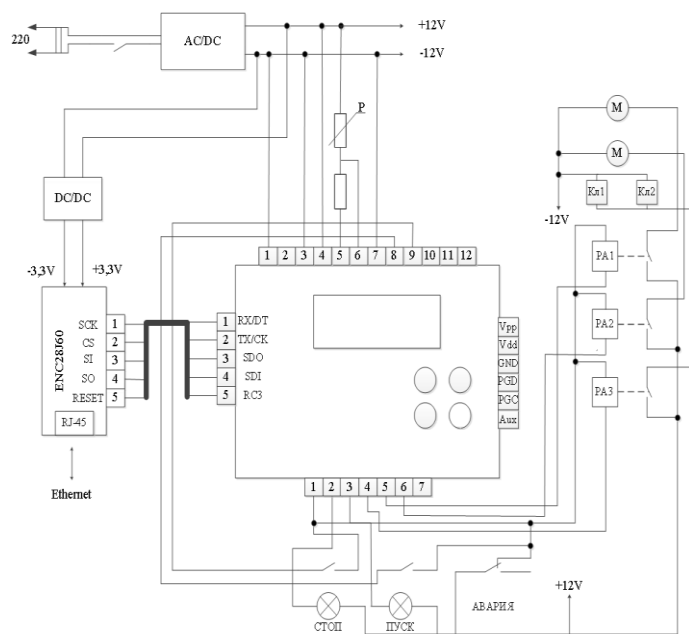


Рисунок 2 – Монтажная схема

Общий алгоритм функционирования системы представлен на рисунке 3.

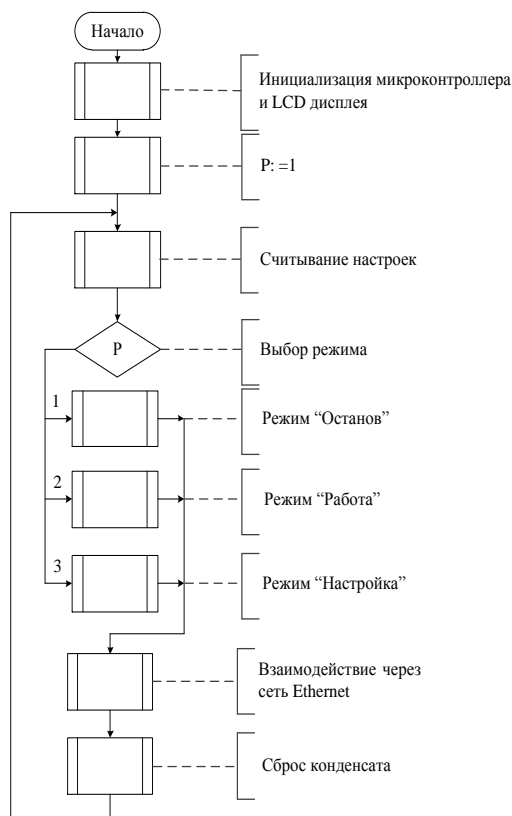


Рисунок 3 – Общий алгоритм функционирования модели

Данная установка обладает рядом особенностей, которые позволяют использовать её в различных сферах деятельности, в том числе в образовательной и исследовательской. Первой особенностью является отсутствие корпуса контроллера, что позволяет объяснять устройство и работу устройства обучающимся. Второй особенностью является возможность оперативного изменения кода управляющей программы используя языки программирования C++, что позволяет как изучать, так и исследовать различные алгоритмы управления.

Применение разработанного стенда открывает широкие возможности по изучению и исследованию различных управляющих систем (регуляторов) на известном объекте. Это, в свою очередь, способствует изучению теории автоматического регулирования на практике, а также настраивать и оптимизировать различные параметры регулятора.

Разработанный стенд предлагается для использования в учебных курсах, посвященных АСУТП, в качестве наглядного макета компрессорной установки.

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Мастихин Д.К.

Научный руководитель: Новоселова О.И.

*Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного университета,
г. Новокузнецк, Россия*

В настоящее время обучение персонала для работы со сложными и опасными видами производств играет большую роль, так как от этого зависит не только качество и количество готовой продукции, но и здоровье самих работников. Для того, чтобы сократить расходы и предотвратить ущерб, многие крупные предприятия уже сейчас используют такие технологии, как виртуальная и дополненная реальность.

Виртуальная реальность (англ. virtualreality, VR) — созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его органы чувств.

Дополненная реальность (англ. augmentedreality, AR)— технологии, которые дополняют реальный мир, добавляя любые сенсорные данные.

Иными словами, AR добавляет цифровые данные в реальность, а VR полностью погружает человека в «другой мир».

Виртуальная реальность является идеальной обучающей средой. Эти технологии позволяют в полной мере использовать то, что человек получает 80% информации из окружающего мира с помощью зрения, при этом люди запоминают 20 % того, что они видят, 40 % того, что они видят и слышат, и 70 % того, что они видят, слышат и делают.

В скором времени устройства виртуальной реальности станут так же популярны и функциональны, как мобильные телефоны. Аналитики выяснили, что программы виртуальной и дополненной реальности можно применять в разных сферах деятельности.

Развитие технологии дополненной реальности значительно отстает от виртуальной — это хорошо заметно в области обработки объектов в режиме реального времени. Однако, со временем технология дополненной реальности значительно улучшится и станет полностью конкурентноспособной.

Существуют различные компании, которые занимаются *проектированием и разработкой* приложений виртуальной и дополненной реальности.

Наиболее успешной организацией в сфере обучения и подготовки персонала является Gabler. Компания производит заказные решения для других производителей, например, для использования на сборочной линии, особенно в таких больших объемах, как конфеты и фармацевтическое производство. Это высоко конкурентная отрасль, в которой важны как скорость, так и безопасность.

Недавно Gabler включил виртуальную реальность в свой производственный процесс. Используя VR/AR для воссоздания своих производственных линий в виртуальном мире, Gabler может найти потенциальную угрозу безопасности, прежде чем продукт поступит к клиенту или даже до его создания. Дизайнеры из данной организации и представители, независимо от того, где они находятся, могут исследовать и взаимодействовать с оборудованием в VR. Gabler может увидеть, где на производственной линии могут возникнуть дорогостоящие, или опасные ошибки. Интеграция VR в бизнес-процессы компании оказалась очень прибыльной, что привело к сокращению времени разработки на 15%. Также было отмечено, что технология повысила безопасность и качество разработки, ссылаясь на простоту сотрудничества.

Помимо обучения персонала, VR/AR-технологии дают возможность удаленно контролировать *технологический процесс в реальном времени*. Так, например, доцент Токийского университета разработал роботизированную систему конечностей, которая управляется дистанционно из виртуальной реальности. Уже было продемонстрировано, как виртуальная (VR) и дополненная реальность (AR) могут помочь, нуждающимся работникам в выполнении незнакомой процедуры. Робототехнические руки имеют 7 соединений и объединены с ПК с помощью рюкзака, который передает данные между этой системой рукоятки и персонной, контролирующей руки в VR. ПК также присоединен к микроконтроллеру, который определяет, как расположить робототехнические рукоятки и руки.

Конечно, сферы применения виртуальной и дополненной реальностей не ограничиваются только промышленным комплексом.

Так, например, VR/AR-технологии **в медицине** применяют для консультации хирургов, создаются множество обучающих симуляторов, таких как симулятор Simantha компании MedicalSimulation, который имитирует сердечнососудистую систему. Обладая трехмерной информацией о пациенте (такие сведения дает томография, трехмерные данные рентгеновских аппаратов и УЗИ), врачи могут создавать интерактивные модели, прогнозирующие последствия хирургического или лекарственного вмешательства в организм человека.

Технологии дополненной реальности помогают хирургам в режиме реального времени получить всю информацию о клинической картине оперируемого человека.

Также при помощи очков VirtualRelief лечат деменцию: помещают больного старческим слабоумием в комфортную среду, где он через игры тренирует память. А ещё эти технологии используют вместо классической анестезии. Так, медики из Университета Вашингтон при помощи 3D-очков показывали заснеженные пейзажи людям, пострадавшим от ожогов: иллюзия холода обманывает мозг пациентов, при этом снижая болевые ощущения.

Компоновка систем виртуальной реальности совместно с различными элементами тренажерных технологий (кресла на гидроприводах, платформы, системы управления с обратной связью, трекинг и пр.) позволяет создавать *тренажеры и аттракционы* с большим коэффициентом адекватности (погружения). Например, использование стерео-визуализации чрезвычайно необходимо для тренировки летчиков, т.к. при дозаправке в воздухе или посадке необходимо ощущение перспективы и дистанции. Восприятие глубины и трёхмерной информации критически важно для дистанционного управления аппаратами — батискафами, различными роботами и беспилотными летательными аппаратами и т.д.

Военно-промышленный комплекс всегда был двигателем прогресса. Как и большинство IT-технологий, дополненная реальность была разработана под началом военных инженеров. На сегодняшний день проводятся боевые учения с применением AR и VR, это помогает не просто сократить расходы на подготовку солдат, но и увеличить шансы успешного исхода миссии, а также сохранить жизни персонала. Военные могут проходить симуляцию боевых действий в виртуальной среде MarineTacticalDecisionKit, точно повторяющей зону военных условий. Также в США создана тактическая система дополненной реальности TacticalAugmentedReality. Она подсвечивает цели, отображает местоположение бойца на карте, показывает расстояние до мишени, выводит на экран подсказки. А ещё научно-исследовательское управление ВМС США разработало собственный шлем, предназначенный для моряков-артиллеристов – GunnAR. Прибор помогает прицелиться, скорректировать наводку, транслирует приказы и замечания командира, а также отображает данные о количестве боеприпасов в обойме и в запасе.

Огромным направлением применения технологий виртуальной реальности *в науке* является визуализация сложных и разрозненных данных в единую, наглядную модель исследуемого объекта или процесса, которая позволяет экспертам в полной мере использовать свою интуицию и зрительную память при различных исследованиях, например в биологии, исторических реконструкциях.

Несмотря на всю широту использования VR и AR, данные технологии имеют ряд *недостатков*. Например, оборудование для новых «реальностей» до сих пор находится на начальном этапе развития. Серьезно ограничивают применение узкое поле зрения, низкое качество изображения, отсутствие тактильных ощущений. Прежде чем VR-очки станут массовым стандартом для тренировок и симуляций, необходимо довести разрешение изображения до 4К, частоту обновления до 60 Гц и более и поле зрения до 90 градусов.

Еще одной проблемой являются кабели и вес шлема/очков. В идеале, все это должно быть беспроводным, чтобы ничего не ограничивало перемещение обучаемого и не запутывалось. Излишний вес оборудования также является большой проблемой, потому что из-за нагрузок на шею время его использования может быть серьезно ограничено.

Однако, главной проблемой является тошнота и головокружение при использовании виртуальной реальности. Данная проблема схожа с той, что проявилась 50 лет назад при появлении первых полетных тренажеров. Это связано с особенностями вестибулярного аппарата человека. Если перед глазами мелькает быстро сменяющаяся картинка, но тело остается неподвижным, то возникает эффект укачивания.

Кроме того, при использовании VR возникает конфликт аккомодации глаз. В VR-очках глаза – это одно плоское изображение с одной точкой фокусировки. Это не так, как в реальном мире, где наши глаза принимают во многих различных ракурсах одного и того же изображения и объединяют их вместе, чтобы сформировать сцену с большей глубиной, поз-

воля нашим глазам свободно перемещаться, и приводит к двоящемуся изображению, а также к сильной усталости глаз и головной боли.

Таким образом, можно сделать **вывод** о том, что по мере разработки более быстрых процессоров, более качественного программного обеспечения и еще более мощных камер возможности использования приложений, поддерживающих виртуальную и дополненную реальность, значительно увеличатся по сравнению с сегодняшним днем. Хотя в сфере видеоигр уже считают эту технологию стандартной, промышленное применение разработок этой совокупности методов только начинается, и благодаря новому поколению очков AR и VR будут создаваться совершенно новые приложения с потенциальными преимуществами для нескольких отраслей одновременно. Можно даже предположить, что дополненная реальность больше не будет передаваться через очки, а вместо этого - через контактные линзы или при подключении к зрительному нерву.

Библиографический список

1. Как технологии VREducation меняют современно образование [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://vr4you.ru/novosti/vr-education>
2. Все, что нужно знать про VR/AR-технологии[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rb.ru/story/vsyo-o-vr-ar/>
3. VR в медицине [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://blog.mednote.life/articles/technology/vr-v-medicine>
4. Применение дополненной реальности в военной промышленности [Электронный ресурс] – Режим доступа:<https://make-3d.ru/articles/primenenie-dopolnennoj-realnosti-v-voennoj-promyshlennosti/>
5. Управляемый в VR робот может сделать работу полностью удаленной [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vrgeek.ru/upravlyaemyj-v-vr-robot-mozhet-sdelat-rabotu-polnostyu-udalennoj/>
6. How Reality Technology is Used in Manufacturing [Электронныйресурс] – Режим доступа: <https://www.realitytechnologies.com/applications/manufacturing/>

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЦИФРОВИЗАЦИЮ ЭКОНОМИКИ

Мерц М.В.

Научный руководитель: к.т.н. Бабичева Н.Б.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

В реальное время термин «цифровизация» используется в узком и широком смысле. Под цифровизацией в узком смысле понимается преобразование информации в цифровую форму, которое в большинстве случаев ведет к снижению издержек, появлению новых возможностей и т. д.

Цифровизацию в широком смысле можно рассматривать как тренд эффективного мирового развития только в том случае, если цифровая трансформация информации отвечает следующим требованиям: она охватывает производство, бизнес, науку, социальную сферу и обычную жизнь граждан; сопровождается лишь эффективным использованием ее результатов; ее результаты доступны пользователям преобразованной информации; ее результатами пользуются не только специалисты, но и рядовые граждане; пользователи цифровой информации имеют навыки работы с ней.

Цифровизация изменяет требования к информационным технологиям в следующих аспектах. Во-первых цифровизация требует более сложные технологии. Во-вторых, требования к ИТ растут по всем направлениям. Если раньше многие компании считали важным сокращение затрат, то сейчас все имеет значение.



Рисунок 1 – Приоритеты ИТ

Цифровизация пришла на смену информатизации и компьютеризации, когда речь шла в основном об использовании вычислительной техники, компьютеров и информационных технологий для решения отдельных экономических задач.

Основной технологией, используемой для работы с информацией ранее, была аналоговая технология. При ее использовании вся информация описывается уровнем напряжения электросигнала, подаваемого на компьютер (вычислительное устройство). Всякому изменению в напряжении электрического сигнала отвечает изменение информации, при этом при передаче информации с использованием аналоговых систем от входа до выхода сигнал остается таким, каким он был изначально — он не кодируется в цифровой вид. При использовании цифровых технологий аналоговая информация на основе использования двоичной системы исчисления сразу кодируется, а затем передается по каналам связи пакетами в виде цифровых рядов. Уже на выходе она снова дешифруется из цифровой в аналоговую [1].

Процессы цифровизации существенно меняют вектор применения цифровых технологий, который ориентирован на удовлетворение личных информационных потребностей, как на производстве, так и в обществе.

Развитие информационных технологий и быстрое введение их в современную экономику существенно поменяло ее, позволяя быстрее, лучше, эффективнее обрабатывать информацию, хранить ее в безграничном количестве и моментально передавать сведения на любые расстояния.

Информационные технологии стремительно становятся жизненно важным стимулом развития мировой экономики, они также предоставляют возможности частным лицам, компаниям, занимающимся предпринимательской деятельностью, наиболее результативно решать экономические и социальные проблемы.

Информационные технологии в экономике — это совокупность операций, которые выполняются над экономической информацией с помощью компьютеров и иной техники для получения положительного результата.

Кроме того, информационные технологии служат лучшим прибором в принятии экономически важных решений и участвуют в процессе эффективного управления в каждой об-

ласти человеческой деятельности.

Значимость информационных технологий в экономике на сегодняшний день считается одной из самых распространенных тем для изучения. Это итог того, что мы живём в эпоху компьютерных технологий, применяемых нами повсюду. По этой причине экономистам необходимо понимать и уметь правильно принимать информационные технологии.

В современной экономике информационные технологии играют важную роль. Все ресурсы компьютерной индустрии на данном этапе развития мирового сообщества направлены на автоматизацию классических экономических процессов. Интенсивное пользование электронных технологий, предусмотренных информационной экономикой, ведет к рассредотачиванию и употреблению социальных благ, общественного производства в более доступной форме [2].

Изменение функции денег, которые на современном этапе выступают в роли способа расчетов, привело к образованию электронной системы платежа. Появились такие понятия как виртуальные деньги и банки, начали формироваться электронные фондовые рынки, которые играют огромную роль в экономической работе государства [2].

В современной массовой экономике информационно-коммуникационные технологии – главная движущая сила экономического подъема и совершенствования качества жизни. Воздействие информационно-коммуникационных технологий на экономику разнообразно: увеличение производительности труда, рост занятости, огромная эффективность рынков, более высокое качество товаров и услуг, стимулирование нововведений и возникновение новых продуктов и услуг в целом.

Информационные технологии играют гиганскую роль в современной экономике. Довольно нередко сегодня можно услышать такое понятие, как виртуальная или же информационная экономика. Это связано с тем, что информационные технологии и экономика – две связанные области, которые в совокупности дают положительный экономический эффект и положительный производственный итог. Без свежайших информационных технологий экономика не имеет возможность нормально развиваться, а государство окажется в списке отстающих.

Библиографический список

1. Райков А. Н. Ловушки для искусственного интеллекта // Экономические стратегии. 2016. № 6. С. 172–179.

2. Бердник Н.А., Быстрая Ю.С., Дейнека Л.Н., Зимовец А.В., Шаронина Л.В. и др. Экономика: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Издательство Южный федеральный университет – 2014. – 374с.

ВНЕДРЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИТ-СЕРВИСОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER

Руденко В.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Михайлова О.В.

*Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского Государственного университета,
г. Новокузнецк, Россия*

Одним из способов решения задачи снижения затрат на разработку, управление и развертку сервисов является применение в режиме эксплуатации docker. Данная технология занимает лидирующие позиции в разработке, развертке и управлению приложений и продолжает улучшать положение на рынке. По сравнению с прошлым годом количество сервисов, которые используют данные технологии, выросло в 2 раза. Количество активных пользователей близится к 2 миллионам, а сервисы стремятся к числу в 6 миллионов. По оценке компании текущие пользователи будут увеличивать количество сервисов на базе docker.

Рассмотрим данную технологию подробнее. Docker – это открытая платформа для разработки, управления и развертыванием сервисами. Компания ввела термины, которые необходимы для понимания инструмента.

Платформа, которая позволяет запускать сервисы в изолированной среде именуется контейнерами. Такой подход позволяет запускать множество контейнеров на одном сервере, избегая проблем с зависимостями, наличием или отличием версий библиотек и т.п. Эти контейнеры не требовательны из-за отсутствия гипервизора

Docker Engine – клиент-серверное приложение, поделенное на два продукта: community – свободно распространяющееся ПО и платная enterprise с дополнительными возможностями в области поддержки систем, их управлением и безопасностью. В данный блок входят три компонента:

Daemon, который ожидает запросов и управляет образами, контейнерами, сетями и томами;

REST API, отправляющий запросы Daemon;
интерфейс командной строки.

Образ в понимании docker является шаблон для создания контейнера, а реестр выступает в роли платформы для хранения этих образов (наборы образов с одинаковыми именами делят тегами и называют репозиторием), том представлен как механизм постоянного хранения необходимых данных.

К преимуществам docker относится быстрая и последовательная развертка сервисов. Оптимизируя жизненный цикл разработки, специалист работает в одной среде. Поэтому контейнер подойдет для непрерывной интеграции рабочих процессов с непрерывной доставкой. Портативность контейнеров позволяют работать локально на персональном компьютере, на физических и виртуальных машинах, в облаке и других различных средах вне зависимости от аппаратных и программных характеристик. Легкий вес и высокая производительность сервисов дает возможность разместить на рабочем месте в разы больше проектов.

Приведем пример внедрения нового сервиса в организацию, начиная с поиска в реестре необходимых образов, например веб-сервер nginx (рисунок 1).

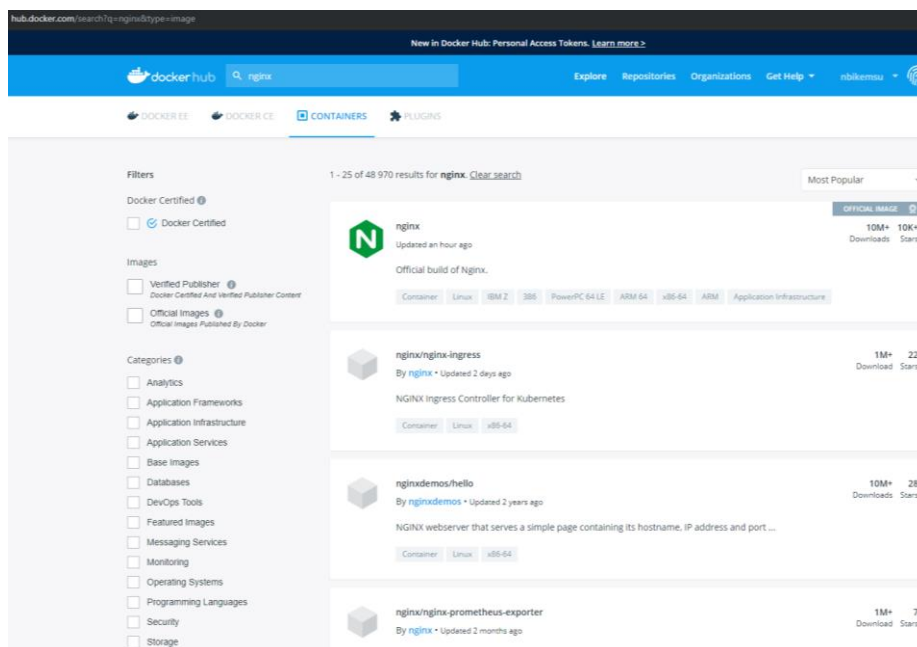


Рисунок 1 – Реестр образов

Для корректной работы данного сервиса не требуется указывать дополнительные параметры (рисунок 2).

```
./$ docker run -d nginx:alpine
Unable to find image 'nginx:alpine' locally
alpine: Pulling from library/nginx
9d48c3bd43c5: Already exists
1ae95a11626f: Pull complete
Digest: sha256:77f340700d08fd45026823f44fc0010a5bd2237c2d049178b473cd2ad977d071
Status: Downloaded newer image for nginx:alpine
64c100812e2fd561682fb4dbb5b2e81albd3ebe9825d91b2ab344acc03b61c9
./$ docker ps
CONTAINER ID        IMAGE               COMMAND             CREATED             STATUS              PORTS              NAMES
64c100812e2f      nginx:alpine       "nginx -g 'daemon of..." 7 seconds ago      Up 5 seconds       80/tcp             epic-tharp
```

Рисунок 2 – Результат создания контейнера

С помощью интерфейса командной строки создан контейнер nginx без интерактивного режима (параметр -d). Формирование нового образа происходит с помощью уже имеющихся локально за счет слоистой структуры. Назначается id и запускает новый контейнер. Список активных контейнеров (docker ps) выводит информацию о контейнерах. Для подробного просмотра используется команда docker inspect CONTAINER_NAME/ID.

Данный сервис не подойдет для режима эксплуатации потому, как хранимые внутри данные не сохраняются после остановки. Следовательно, подключив тома к необходимым файлам конфигурации параметров -v in:out, где in – локальные файлы, а out – файлы внутри контейнера.

Даже небольшие организации могут иметь по паре десятков контейнеров, и это затрудняет внедрение и сопровождение приложений. Docker-compose – инструмент для многоконтейнерных приложений позволит решить данную проблему. Для запуска того же веб-сервера потребуется yaml/yml файл с указанием двух строк с корректной работой (рисунок 3).

```
web:
  image: nginx:alpine
```

Рисунок 3 – Docker-compose. Файл конфигурации nginx

Первая строка указывает на имя сервиса, вторая на образ, для указания тома будет указан volume. Все docker-compose следует хранить в отдельном каталоге для каждого проекта. Запуск приложения производится через команду docker-compose up -d.

Вся детальная настройка образов происходит в Dockerfile, где указывают образ, из которого построят новый образ, команды установки пакетов, запуска скриптов, параметры для внесения изменений в файлы конфигурации сервиса и прочее.

Рассмотрим внедрение сервисов на примере НФИ КемГУ. Была поставлена задача заменить имеющиеся хранилища на облачное хранилище из-за нестабильной работы. Чтобы реализовать данную идею было решено использовать active directory для хранения и организации пользователей в сети в иерархическую защищенную логическую структуру. Общение и организация сетевых хранилищ оформлено через samba, образ nextcloud представляет клиентскую часть, и СУБД postgresql.

После развертки всех контейнеров проводится настройка внутри nextcloud: указать учетную запись администратора и путь к базе данных, если они не заданы в конфигурационных файлах, а также наладить общение с active directory и samba, предоставив доступ сотрудникам университета в nextcloud и сетевым хранилищам соответственно.

Для удобства работы пользователей было решено перенести имеющиеся сервисы в изолированную среду. Рассмотрим данный процесс подробнее. Перед началом работы переноса приложения в контейнеры требуются первичные данные: данные из базы и сервиса, права доступа, настройки, модули nginx и иное. Docker-compose поддерживает индивидуальные данные для передачи в свою среду, будь то пароль от базы данных (POSTGRES_USER_PASSWORD: password), порт для nginx (NGINX_PORT: port) и прочее.

Перед началом работы над сайтом nbikemsu.nk-uni.ru потребовалось получить базу данных mysql, систему управления контентом drupal при использовании веб-сервера apache. В исполняемом yaml файле указывается путь с локального хранилища до хранилища внутри контейнера. В том же файле указывают различные параметры, как порт, dns, пароль, имя пользователя и т.п. Детальная настройка образа через Dockerfile дал желаемый результат.

В работе показан пример внедрения docker. Таким образом, на основе изучения возможностей технологии и практики её применения, можно сделать вывод о возможности использования docker на предприятиях и организациях для снижения затрат на разработку новых информационных систем и их сопровождение.

Библиографический список

1. docs.docker.com: документация разработчика Docker: сайт. – Сан-Франциско, 2013 - . URL: <https://docs.docker.com> (дата обращения: 10.09.2019). – Текст: электронный.
2. Руденко В. А. Контейнеризация сервисов с помощью инструмента docker-compose и практическое применение в НФИ КемГУ: материалы 57-й международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 2019. Издательство: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (Новосибирск). – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38225987> (дата обращения 10.09.2019). с. – 109. – Текст: электронный.
3. Руденко В. А. Применение docker в НФИ КемГУ для разработки, развертывания и управления сервисами: сборник научных трудов V Международной конференции. В 2-х частях. Под редакцией О.Г. Берестневой, А.А. Мицеля, В. В. Спицына, Т.А. 4. Гладковой, 2018. Издательство: Национальный исследовательский Томский политехнический университет – (Томск). – с 347-350. (дата обращения: 10.09.2019).

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ	5
ИНТЕГРАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА (К 60 –ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ») Мышляев Л.П., Евтушенко В.Ф., Ивушкин А.А.	7
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ С НАКОПЛЕНИЕМ ОПЫТА ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ Кулаков С.М., Ляховец М.В., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н.	9
СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В СРЕДЕ ПРОСТРАНСТВА СОСТОЯНИЙ В СОЧЕТАНИИ С ВЕЙВЛЕТ-МОНИТОРИНГОМ ТЕКУЩИХ РЕЖИМОВ Федосенков Д.Б., Симикова А.А., Федосенков Б.А.	16
О НАТУРНО-МОДЕЛЬНОМ ПОДХОДЕ И ТЕОРИИ ПОДОБИЯ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К СИСТЕМАМ УПРАВЛЕНИЯ Евтушенко В.Ф., Ивушкин А.А., Венгер К.Г., Мышляев Л.П., Макаров Г.В.	21
КОНЦЕПЦИЯ «ИНДУСТРИЯ 4.0». НАУЧНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В ПИРОМЕТАЛЛУРГИИ Спирин Н.А., Лавров В.В., Рыболовлев В.Ю., Шнайдер Д.А., Краснобаев А.В.	25
ЦИФРОВИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ Мышляев Л.П., Венгер К.Г., Грачев В.В.	29
СЕКЦИЯ 1 АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ	33
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В РЕГИОНАХ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА Литвинцева Г.П.	35
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЫРЬЕВЫМИ И ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ Гурин И.А., Спирин Н.А., Истомин А.С., Носков В.Ю.	40
ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕНОСА ОБЪЕКТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦИКЛ ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ РОМЫШЛЕННОГО РОБОТА Лицин К.В., Меркулин П.О., Фукс Е.А.	44
РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КЛАСТЕРА ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УГЛЯ И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ Мурко В.И., Протопопов Е.В., Темлянцев М.В., Чаплыгин В.В., Литвинов Ю.А., Волков М.А.	48
ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ КЛАСТЕРНОЙ ПОЛИТИКИ В ДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ) Кудряшова И.А., Логинова А.В.	53
ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПУСКО-НАЛАДОЧНЫХ РАБОТ НА ДЕЙСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТАХ Раскин М.В., Саламатин А.С., Макаров Г.В., Ляховец М.В., Мышляев Л.П.	55

ПРИМЕНЕНИЕ КОБОРГ-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ Соловьев В.И.	58
РАЗРАБОТКА АСУ ТП НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ ПРИ ОТСУТСТВИИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА Скребнева Е.В., Немцев А.М., Созинов А.В.	65
МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСЛОВНО-ПОСТОЯННЫХ И УСЛОВНО-ПЕРЕМЕННЫХ РАСХОДОВ Кузнецова Е.С., Кузнецов В.А., Романюк С.Ю., Кузьмин С. А.	69
О РАЗРАБОТКЕ БАЗЫ НОРМАТИВНЫХ СИТУАЦИОННЫХ ТАКТОВ РАЦИОНАЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н.	74
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ НА МЕЖДУНАРОДНЫЕ ГРУЗОВЫЕ АВИАПЕРЕВОЗКИ Купчик М.Б.	81
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ СБОРА ОПЕРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА Коровин Д.Е., Ляховец М.В., Иванов Д.В.	85
ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ НА СВОЙСТВА ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ Макаров Г.В., Мышляев Л.П., Файрушин Ш.А., Венгер М.К.	89
О НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИИ Т-ПРОЦЕССАМИ Медведев А.В., Ярещенко Д.И.	91
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТАГРАФАМИ Блюмин С.Л., Жбанова Н.Ю., Мирошников А.И., Сысоев А.С.	96
МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОГРАНИЧЕНИЙ Михайлов В.Г., Киселева Т.В., Михайлов Г.С.	101
МЕТОД И ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ Рыбенко И.А., Цымбал В.П.	105
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ Макаров Г.В., Тамаркина Е.В., Ляховец М.В., Саламатин А.С.	108
ИНФОРМАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И РЕПУТАЦИЯ ЧЛЕНОВ ГРУПП СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ-ПРОВАЙДЕРА Конюхова Е.С., Киселева Т.В.	113
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЦИФРОВЫХ МАШИН В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «ИНДУСТРИЯ 4.0.» Романовский С.П., Ахмаров В.А.	118
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АЭС РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ И ИХ ВОЗМОЖНОЕ УСТРАНЕНИЕ Гусев С.С.	121

СЕКЦИЯ 2 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	126
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДОЗИРОВАНИЕМ ФЛОТОРЕАГЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ОФ ООО СП «БАРЗАССКОЕ ТОВАРИЩЕСТВО» Мышляев Л.П., Ляховец М.В., Макаров Г.В., Коровин Д.Е., Кулюшин Г.А.	128
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВРАЩЕНИЯ ВАЛКОВ ПРОКАТНОГО СТАНА Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Харенко В.Н., Зайцев Н.С.	134
СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ТЕПЛООБМЕНА В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET CORE MVC Болгов А.Е., Спириин Н.А., Лавров В.В., Гуриин И.А.	139
СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ, СТОЙКИХ К ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ Веревкин В.И., Веревкин С.В., Зельцер С.Р.	144
СИСТЕМА АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ВНУТРИТРУБНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ Жуков Д.В., Комаров Д.В., Коновалов С.В.	149
АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЛОГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ МАШИНЫ ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ Островляничик В.Ю., Поползин И.Ю., Кубарев В.А.	153
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ Шипов В.А., Корнев В.М., Кустов А.В.	157
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА «ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ДОМЕННОГО ЦЕХА» НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET CORE MVC Перетыкина К.Р., Лавров В.В., Гуриин И.А., Спириин Н.А.	161
ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ПРИ СОЗДАНИИ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА Иванов Д. В., Ляховец М.В., Коровин Д.Е.	164
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА КРАТКОСРОЧНОМ ВРЕМЕННОМ ИНТЕРВАЛЕ Печатнова Е.В.	167
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗА СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНИЯ В ЧУГУНЕ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ Гуриин И.А., Спириин Н.А., Истомина А.С., Куделин С.П., Щипанов К.А.	169
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЗМА ПРИ ПОМОЩИ СПОСОБА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ, НА ПРИМЕРЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА Аниканов Д.С., Кипервассер М.В.	173

О ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Жалнин Д.А.	177
СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТОКАРНЫМ СТАНКОМ ПО ТРЕМ ПАРАМЕТРАМ Муслимов А.П., Елеукулов Е.О., Аталыкова А.К.	180
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА ВТКС Скребнева Е.В. , Новоселов А.В.	183
СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ ООО «ШАХТА №12» Шипунов М.В., Грачев В.В., Ивушкин К.А., Файрушин Ш.А., Мышляев Л.П., Макаров Г.В.	186
АПРОБАЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДИАМЕТРА ДИАФРАГМЫ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ Казаков В.А., Вебер А.В.	193
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА Кизилов С.А., Никитенко С.М., Никитенко М.С.	197
СЕКЦИЯ 3 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ УЧЕБНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	202
УПРАВЛЕНИЕ НА ОСНОВЕ ПРОГНОЗИРУЮЩЕЙ МОДЕЛИ В ПЛК НА ПРИМЕРЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА Колодин А.А.	204
ПРИМЕНЕНИЕ УЧЕБНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЙ Скребнева Е.В., Тюрин М.Н.	208
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И НИРС, СТИМУЛИРУЮЩАЯ РАЗВИТИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ Рыбаков А.И., Кунинин П.Н.	210
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА БАЗЕ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ALTIVAR Кубарев В.А., Богдановская Т.В., Игнатенко О.А., Галлямова О.Р.	214
ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ Колмогоров А.Г., Григорьева Ю.Е.	218
СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ СРЕДЫ ДОСТУПА К ЭЛЕКТРОННЫМ РЕСУРСАМ В УНИВЕРСИТЕТЕ Койнов Р.С., Сергачева М.Л., Степанова Л.О.¹, Пургина М.В.	221
О НОВОМ ПОДХОДЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ В УЧРЕЖДЕНИИ СПО Миринова Е.В., Лебедев В.А.	227
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ НАУЧНО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА «АВТОМАТИКА» Овсяков А.Е., Колодин А.А., Мельник С.А.	228

УЧЕБНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ СХЕМОТЕХНИКИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO UNO Саламатин А.С., Ляховец М.В., Мерц М.В., Монастырева К.И., Шевченко Е.Е.	232
СЕКЦИЯ 4 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	235
АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В ПЛОСКОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВХОДНЫХ РЕСУРСОВ Гаврилова А.А., Сагитова Л.А., Салов А.Г.	237
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ "АЛГОЗИТ" Каледин В.О., Паульзен А.Е., Ульянов А.Д.	242
РОЛЬ КОГНИТИВИСТИКИ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ Дулесов А.С., Гиманова И.А.	244
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ЗДОРОВЬЯ УРБАНИЗИРОВАННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА Жилина Н.М., Чеченин Г.И.	247
МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ЗАВИСИМЫМИ ВХОДНЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ МЕТОДАМИ НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ Михов Е.Д.	251
СТРУКТУРНО И ПАРАМЕТРИЧЕСКИ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ МОДАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ Федосенков Д.Б., Симикова А.А., Федосенков Б.А.	255
О ЗАДАЧЕ ЗАПОЛНЕНИЯ ПРОПУСКОВ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИСКРЕТНО-НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОЦЕССОВ Медведев А.В., Корнеева А.А.	260
ДВУХКАНАЛЬНАЯ АКТИВНАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ ДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ МУНИЦИПАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАНИЕМ Бурков В.Н., Киселева Т.В.	264
ТРАНСФОРМАЦИЯ БУХГАЛТЕРСКОГО (ФИНАНСОВОГО) УЧЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ 1С: ПРЕДПРИЯТИЕ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ Шульга Е.В., Шульга В.И.	267
МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ СЕРВИСНЫХ УЛУЧШЕНИЙ Зимин А.В.	270
ОБ ИГРОВОМ ПОДХОДЕ К ПОВЫШЕНИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИТ-СЕРВИСОВ Зимин А.В., Сергеева Д.М., Зимин В.В.	276
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОБЪЕМА ERP-ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ И СВОЙСТВ ИТ-СЕРВИСОВ Золин И.А., Зимин В.В.	282

ОБОБЩЕНИЕ ОПЫТА И КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ ИТ-СЕРВИСОВ ПО СТАДИЯМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА Киселева Т.В., Маслова Е.В.	286
МНГОВАРИАНТНЫЙ ПРОГНОЗ УРОВНЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НАСЕЛЕНИЕМ Г. НОВОКУЗНЕЦКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Киселева Т.В., Дружилов А.С.	291
АЛГОРИТМЫ ДУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В УСЛОВИЯХ МАЛОЙ АПРИОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ Медведев А.В., Раскина А.В.	294
УПРАВЛЕНИЕ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПОМОЩЬЮ В МЕДИЦИНСКОМ УЧРЕЖДЕНИИ Колесова И.В., Жилина Н.М.	296
КЛАССИФИКАЦИЯ АГЕНТОВ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ПРИ РАСПРОСТРАНЕНИИ ИНФОРМАЦИИ Киселева Т.В., Гусев М.М., Кораблина Т.В., Гусева А.Н.	301
ЗЕРКАЛЬНАЯ СИММЕТРИЯ В ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЯХ КАНАТОВ И ВАЛОВ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ Борщинский М.Ю.	303
РАЗРАБОТКА ВЕБ-СЕРВИСА ПРЕДПРОСМОТРА ФАЙЛОВ MICROSOFT OFFICE Гурин И.А., Першин А.А., Блинков А.С.	308
КОМБИНИРОВАННЫЕ СХЕМЫ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ТОНКИХ ПЛАСТИН Галдин Д.А.	312
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РАСЧЕТ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО БЛОКА В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ SOLIDWORKS FLOW SIMULATION Ермоленко И.М., Цыбрий И.К., Мороз К.А., Шилеев К.В., Сыроватка В.Н.	317
РЕГИСТРАЦИЯ ОКУЛОМОТОРНОГО ОТКЛИКА НА АДДУКЦИЮ И АБДУКЦИЮ ГЛАЗ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОГАРНИТУРЫ EMOTIV EP0C+ Никитенко М.С., Кизилев С.А., Белый А.М.	320
ТЕОРИЯ КОНТРОЛЯ ВЕЛИЧИНЫ ДИСБАЛАНСА ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ ВРАЩЕНИЯ НА АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОРАХ Муслимов А.П., Аталыкова А.К., Елеукулов Е.О.	326
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, КАК ВЕЩЕСТВ ДРОБНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ РАЗМЕРНОСТИ Тагильцев-Галета К.В.	328
О ПРИМЕНЕНИИ АППАРАТА ИСККУСТВЕННОЙ НЕЙРОНОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ УЗЛА-ПОСРЕДНИКА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТЬЮ Грачев А.В.	331

СЕКЦИЯ 5 СТУДЕНЧЕСКИЕ НИР	337
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ «ПЛАНИРОВАНИЕ И УЧЕТ РАБОТ» В СОСТАВЕ ПАКЕТА «1С: ЗУП» Матюшкин Г.В.	339
РАЗРАБОТКА ЭКРАНОВ НАСТРОЙКИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК «СИРИУС» АСОДУ ШАХТЫ «УВАЛЬНАЯ» Сидоренко В.К.	342
ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЯ «МЕТОД ПЧЕЛИНОЙ КОЛОНИИ» УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО КОМПЛЕКСА «МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ. МЕТОДЫ РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА» ПРИ ПОИСКЕ ГЛОБАЛЬНОГО МИНИМУМА ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ Лаптев В.В.	345
ПРОБЛЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАМЯТИ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ НА ЯЗЫКАХ "C" Красулин А.В.	349
О ПРИМЕНЕНИЕ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ РОБОТА-ГЕКСАПОДА, ОСНАЩЕННОГО СИСТЕМОЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ Гасымов Р.Р., Монастырева К.И., Тимошенко И.С.	352
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИИ DISC В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОЕКТНЫХ КОМАНД Гейль К.Э.	354
К ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА В УСЛОВИЯХ ШАХТЫ Загидулин И.Р.	358
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕНЗОДАТЧИКА Процан Н.С.	361
РАЗРАБОТКА СТЕНДА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ Калабин М.Г.	364
ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ Мастихин Д.К.	366
ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ЦИФРОВИЗАЦИЮ ЭКОНОМИКИ Мерц М.В.	369
ВНЕДРЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ ИТ-СЕРВИСОВ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ DOCKER Руденко В.А.	371

Научное издание

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ
И ПРОИЗВОДСТВЕ
AS' 2019**

Труды XII Всероссийской научно-практической конференции
(с международным участием)
28-30 ноября 2019 г.

Под общей редакцией
д.т.н., проф. С.М. Кулакова,
д.т.н., проф. Л.П. Мышляева

Материалы докладов изданы в авторской редакции.

Подписано в печать 18.11.2019 г.
Формат бумаги 60x84 1/8. Бумага писчая. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 22,12. Уч.-изд. л 24,59. Тираж 300 экз. Заказ № 289

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.
Издательский центр СибГИУ