

**ПАО ГАЗПРОМ
ООО ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ КАЗАНЬ**

**Приоритетные направления
инновационной деятельности в промышленности**

*Сборник научных статей
по итогам международной научной конференции
(31 января 2020 г.)
Часть 1*

Казань 2020

УДК 65+67

ББК 3

П27

Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей международной научной конференции. 31 января 2020 г. Часть 1. - Казань: ООО «Конверт», - 2020. – 208 с.

ISBN 978-5-6044177-6-8

Редакционная коллегия:

Лебедев Руслан Владимирович - к.т.н., начальник службы по информационному обеспечению инженерно-технического центра ООО "Газпром трансгаз Казань";

Султангареев Ринат Халафевич - к.т.н., начальник производственного отдела по эксплуатации магистральных газопроводов ООО "Газпром трансгаз Казань";

Футин Виктор Александрович - к.т.н., заместитель начальника производственного отдела по эксплуатации компрессорных станций ООО "Газпром трансгаз Казань";

Злобин Андрей Витальевич - к.т.н., заместитель начальника отдела охраны окружающей среды и энергосбережения ООО "Газпром трансгаз Казань";

Гилязиев Марат Гилмзянович - к.т.н., инженер 1 категории отдела анализа технического состояния линейной части магистральных газопроводов и газораспределительных станций службы диагностики оборудования и сооружений инженерно-технического центра ООО "Газпром трансгаз Казань".

© Коллектив авторов, 2020

© ПАО ГАЗПРОМ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Технические науки

МЕХАНИЗМ СОРБЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ СЕРЫ КОМПОНЕНТАМИ ФИЛЬТРА ИЗ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА	8
Алламери Е. Х. М., Леонтьева А.И., Брянкин К.В., Балобаева Н.Н.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОХИМИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕЭМУЛЬГАТОРА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ	11
Аль-Фадхли К. Х. К., Леонтьева А.И., Брянкин К.В., Балобаева Н.Н.	
ПРОЦЕСС СИНТЕЗА БУТИЛКАУЧУКА	13
Антонова И.О., Дмитричева Р.Р., Бронская В.В., Мануйко Г.В., Аминова Г.А.	
ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛАТИНА	15
Аскарова Р.Н., Аминова Г.А.	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ДВИГАТЕЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ	18
Бабенко Л.Г., Савельева Н.Ю., Занина И.А.	
КИНЕТИКА ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ МАТЕРИАЛЕ СИСТЕМЫ SN-PB-TE	20
Бабич А.В.	
ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОТОКА ГАЗА В «ДУММИСНЫХ» ЛИНИЯХ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ РОТОРА	23
Байбеков Р.Р., Якимов Д.Е., Бронская В.В., Бальзамов Д.С.	
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА РОССИИ	26
Бальзамов Д.С., Бронская В.В., Бальзамова Е.Ю., Володченко Т.В., Харитоновна О.С., Байбеков Р.Р.	
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ	29
Вареникова О.Б., Голубев Д.В., Приезжев А.А.	
ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БРОНЕЖИЛЕТОВ	32
Величко Ф.М., Величко Н.Н.	
УРОВЕНЬ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ В ВОЗДУХЕ ОТ ПОДВОДНОГО ИСТОЧНИКА	36
Волощенко А.П.	
ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ	39
Воронин С.В.	
ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА НЕФТЕХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРИМЕРЕ ПАО «НКНХ»	41
Вуклова К.В.	
АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗАРУБЕЖНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ КОМПАНИЙ В ОБЛАСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЗАКУПАЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ	47

Вьюнов С.И.	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ АВАРИЙНОГО ДОМА В Г. РОСТОВЕ-НА-ДОНУ ПО ТЕХНОЛОГИИ СКФУ	52
Галай Б.Ф., Сербин В.В., Галай О.Б., Никонова О.И., Бакай С.Н.	
СВЯЗЬ МЕЖДУ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТЕПЛООТДАЧИ ЖИДКОСТИ С ЕЕ ДРУГИМИ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТИ	57
Гасанов Э. Г. оглы	
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТИ	59
Гасанов Э. Г. оглы	
ЭКОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАТ ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА И МЕТАЛЛОРЕЛЬЕФОВ	61
Глебов В.В.	
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СМЕСИ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	64
Глызина А.Э.	
ПОЛУЧЕНИЕ ДИАЛКИЛОВЫХ ЭФИРОВ ЭТЕРИФИКАЦИЕЙ ОЛЕФИНА НОРМАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ ЭТИЛОВЫМ СПИРТОМ НА ПРИМЕРЕ ГЕПТЕНА-1	66
Гончарова И.Н., Качалова Т.Н.	
ОСНОВНЫЕ ДВА ВИДА СВАРКИ ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СОВРЕМЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	69
Горячкин А.С.	
АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЗАЩИТЫ ОТ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЙМЕННО-РУСЛОВОГО КОМПЛЕКСА ВОДНОГО ОБЪЕКТА	72
Дорош И. В, Нафикова Э. В., Исмагилов А. А., Александров Д. В., Рахимова А.А., Баширова Ч. Ф., Набиева Э. И.	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПО ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПЕРСПЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ	77
Дорош И. В., Чуракова А.А., Нафикова Э. В.	
ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ — ТРАНСПОРТ БУДУЩЕГО	82
Дыбов Р.С.	
О НЕОБХОДИМОСТИ УСТРОЙСТВА ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОГО ПОЛА В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТАХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ В РОСТОВЕ-НА-ДОНУ	84
Жолобова Е.А., Романов А.А., Лаврик Л.А.	
БИОГАЗ – ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ	88
Загорская Т.А., Гужель Ю.А.	
АНАЛИЗ СИСТЕМ МОНИТОРИГА МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА	91
Загуляев А.С.	
ДОМ С «ДВОЙНОЙ ОБОЛОЧКОЙ»	95
Зубарева Г.И.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ОЦЕНКЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ АРКТИКИ	98
Исмагилов А.А., Хайдаршин А.А., Нафикова Э.В.	

ПРОИЗВОДСТВО ОЧИЩЕННОГО ГЛИЦЕРИНА Качалова Т.Н., Гончарова И.Н.	100
МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПУТЕМ ВНЕШНЕГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЭЛЕМЕНТЫ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА Колотвин А.В., Криницкий Е.В., Маскинская А.Ю.	104
ВОПРОСЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО ВИДЕОСИГНАЛА В СИСТЕМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ Ксенофонтов Ю.Г.	107
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОДАННЫХ ПРИ МОНИТОРИНГЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Ксенофонтов Ю.Г.	110
УПРАВЛЕНИЕ СЛАБОФОРМАЛИЗУЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ Кулаков С.М., Ляховец М.В., Койнов Р.С., Тараборина Е.Н.	113
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОЛЯРНЫХ СТАНЦИЙ Мамыкина А.А.	121
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ Мамыкина А.А.	125
ОЦЕНКА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ Морозова А.В., Тышкунев Д.Н., Чигринов М.Д., Качан О.Б.	129
USB TYPE-C – УНИВЕРСАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКАЦИЯ USB Мурзаев Х.А., Магомедов И.А.	132
ЗАЧЕМ СОВРЕМЕННЫМ СМАРТФОНАМ НУЖЕН ВТОРОЙ МОДУЛЬ КАМЕРЫ Мурзаев Х.А., Магомедов И.А.	135
КАК УСТРОЕНА SIM-КАРТА Мурзаев Х.А., Магомедов И.А.	138
ТЕХНОЛОГИЯ GPS И ПРИНЦИП ЕЕ РАБОТЫ Мурзаев Х.А., Магомедов И.А.	141
ТЕХНОЛОГИЯ NFC И СПОСОБЫ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ Мурзаев Х.А., Магомедов И.А.	144
УЧЕТ НЕИДЕАЛЬНОСТИ СМЕШЕНИЯ В МОДЕЛИ ПЕТЛЕВОГО РЕАКТОРА- ПОЛИМЕРИЗАТОРА Назарова М.А., Плющев В.В., Мануйко Г.В., Бронская В.В., Аминова Г.А., Шайхетдинова Р.С.	147
ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ПРОПЛАВЛЕНИЯ НА УРОВЕНЬ НАПРЯЖЕНИЙ В СОЕДИНЕНИИ «ТРУБА – ТРУБНАЯ РЕШЕТКА» Павлов Д.Н., Тукаев Р.Ф.	150
ПРИМЕНЕНИЕ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОХОДА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЖАРНОГО НАДЗОРА Пелех М.Т.	153

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФАЗОВОГО ПОВЕДЕНИЯ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ-ПАР В СИСТЕМЕ 2,2,3,3,4,4,4-ГЕПТАФТОРБУТАНОЛ–ОРГАНИЧЕСКИЙ СПИРТ–ВОДА	156
Полковниченко А.В., Лупачев Е.В.	
НОВОЕ КАЧЕСТВО ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ИННОВАЦИОННЫЙ СПОСОБ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА	163
Потехин В.Н.	
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ РАДИОЛИНИЙ МЕТЕОРНОЙ СВЯЗИ	172
Скрипник И.Л.	
АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ FUSION 22	175
Смирнов В.М.	
АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ И АВТОМОБИЛЕЙ	178
Тимофеев С.И., Чубаров Ф.Л., Сидоров М.В.	
АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКРАНОПЛАНА И ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИКИ ПЕРЕДНЕГО ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ОПЕРЕНИЯ В ВИДЕ ПРОФИЛЯ С "ОБРАТНОЙ" ЩЕЛЬЮ	181
Хайдаров Д.Р., Шарафутдинова Р.А.	
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	185
Халявина А.А.	
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПА НЕПРЕРЫВНО – ЦИКЛИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ В РАБОТЕ ПОДБИВОЧНЫХ БЛОКОВ ВЫПРАВочно – ПОДБИВОЧНЫХ МАШИН	187
¹ Чубаров Ф.Л., ² Никитин А.В., ³ Шинкевич Н.Н.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MICROCOCCLUS LUTEUS В КАЧЕСТВЕ ТЕСТ-ОРГАНИЗМА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ДЕЗОДОРАНТА	192
Шапошникова Л.И.	
ГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПЛАНИРОВАНИИ ПЕРЕВОЗОК АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ	194
Шафигуллина Э.И., Хамидуллин И.Ф., Мартынова О.Г., Рахманова С.Т., Ахметшин Р.И., Семашко М.А.	
USE OF ADVANCED TECHNICAL MEANS IN TEACHING UP-TO-DATE ENGLISH LANGUAGE TO STUDENTS OF RADIOTECHNIC SPECIALTY	199
Yambulatov T.R., Ovsyannikov I. A., Generalov P.S., Kuznetsov D.I.	
<hr/>	
Секция 2. Математические науки.	
<hr/>	
СОВРЕМЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА	201
Валиев У.У. угли	

РАСЧЕТ ДИСПЕРСИОННОЙ ДИАГРАММЫ БРЭГГОВСКОГО ВОЛНОВОДА С
КРУГЛЫМ СЕЧЕНИЕМ

205

Селина Н.В., Иващенко Н.Г.

УПРАВЛЕНИЕ СЛАБОФОРМАЛИЗУЕМЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ

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

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк

Рассмотрена сложная задача человеко-машинного управления слабоформализуемыми технологическими агрегатами и комплексами, которые характеризуются большим разнообразием состояний, многомерностью, нестационарностью, неопределенностью, многовариантностью продукции. Показана недостаточная эффективность модельного подхода к созданию систем управления такими объектами. Рассмотрены альтернативные подходы, основанные на концепции лучших практик. Представлены известные процедуры лучших практик, использующие типопредставительные ситуации и метод образцовых циклов. Предложен новый (прецедентный) метод выбора и реализации управляющих воздействий с участием оператора-технолога. Разработан прецедентный цикл выбора управлений и функциональная схема системы управления. Сформирована информационная модель прецедента на примере управления плавкой стали в кислородном конвертере. Определены преимущества метода прецедентов по сравнению с методом типопредставительных ситуаций.

Ключевые слова: автоматизированное управление, технологические объекты, модельный подход, прецедентный подход, типопредставительные ситуации.

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.

Сложность и большое разнообразие состояний СФТО, в сочетании с недостаточной эффективностью управления ими побуждают искать другие подходы к принятию управляющих решений. В частности, полезно обратиться к модификации и алгоритмизации широко известной концепции «лучших практик», применительно к практикам управления СФТО. В данном докладе кратко проанализирован традиционный (модельный) подход к построению автоматизированных управляющих систем и, более подробно представлен подход к алгоритмизации накопления опыта управления СФТО, основанный на методе прецедентов.

1. Модельный подход к построению систем автоматического управления технологическими процессами

Отличительной особенностью классического метода синтеза алгоритма управления с обратной связью является использование математической модели управляющих 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 критерию минимальной дисперсии ошибок регулирования[1].

Оригинальной разработкой Сибирского государственного индустриального университета является ВПР – восстановительно-прогнозируемый регулятор, [2], в структуру алгоритма которого в явном виде входит модель канала регулирования.

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 оператора запаздывания, экстраполяция временного ряда идеальных управляющих воздействий на время динамической памяти системы, реализация экстраполированного управляющего воздействия.

Более сложными по сравнению с вышеназванными САУ являются, 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), [3,4]. Они нашли широкое применение на нефтеперерабатывающих, химических, целлюлозно-бумажных и других предприятиях мира. Схема системы управления с прогнозирующей моделью показана на рисунке 1. По отношению к ПИД-регуляторам MPC дают на указанных предприятиях эффект в пределах 0,5-5,0 млн. долларов на одну установку в год, [4]. Алгоритм выбора управляющих воздействий использует численную оптимизацию для отыскания управлений U^H на горизонте управления с использованием прогнозов Y^M на интервал динамической памяти объекта.

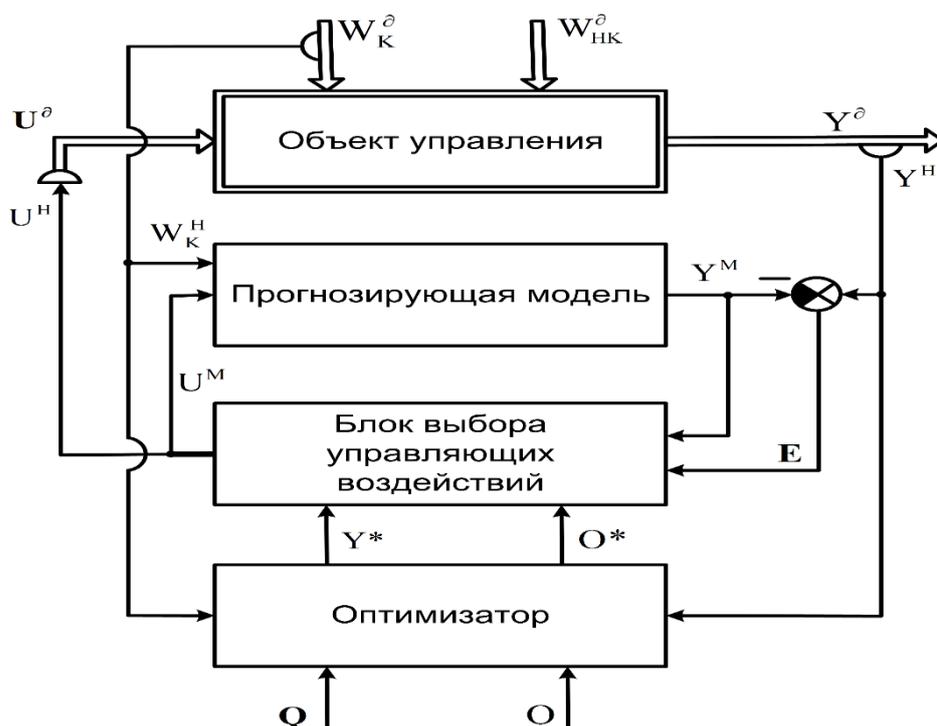


Рисунок 1. Структура системы управления с прогнозирующей моделью

Обозначения: $U^o, Y^o, W_K^o, W_{HK}^o$ – 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 ограничений на управления; Q, O – целевые функции и ограничения оптимизатора.

Рассмотренные эффективные, для своего класса объектов, структуры систем автоматизированного управления технологическими объектами характеризуются неявным [1] или явным [2, 3, 4] использованием функциональной или физико-химической 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 с изменяющимися свойствами, 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, [5].

2. Прогнозирование и управление на основе множества типопредставительных ситуаций

В работах [6, 7, 8] 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, [8].

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 [8], которая является наглядным примером управления СФТО.

3. Управление агрегатом циклического действия по образцовым циклам.

Рассмотрим применение метода управления по образцовым циклам, а именно - управления плавкой стали в кислородном конвертере по образцовым плавкам. Все плавки стали разделены на классы в зависимости от значений их входных и выходных переменных. Классификация плавки стали предполагает использование следующих параметров: содержание Si, Mn, P, S в жидком чугуна; температура и масса жидкого чугуна; содержание C, P, S 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 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 в нем не предполагается оперативная корректировка управлений с применением пересчетной модели (модели объекта «в малом»), и является примером натурального подхода к управлению СФТО, к числу которых относится процесс выплавки стали в конвертере.

4. 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 принятия решений,[11,12]. 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, [5, 13, 14].

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 рисунке 2 показан такой модифицированный цикл выработки управляющих воздействий, включающий лицо, принимающее решения - ЛПР, на основе прецедентов (цикл прецедентного управления – ЦПУ).

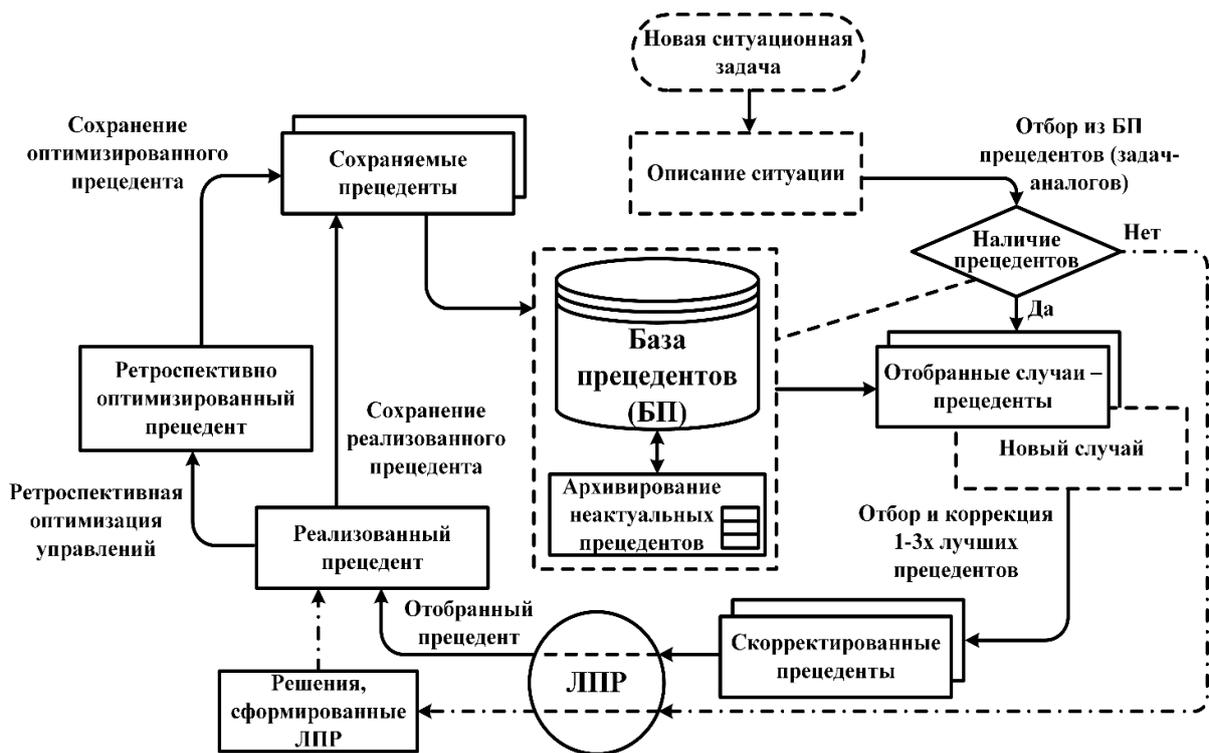


Рисунок 2. Модифицированный цикл выработки и реализации управляющих решений в системе управления СФТО

Актуальными задачами, связанными с реализацией модифицированного СВР-цикла (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, включающей количество и моменты подачи шихтовых материалов, графики расхода дутья и положение продувочной формы, массу и ритм подачи шлакообразующих, температуру расплава, разработаны: общая схема системы управления, рисунок 3; структура информационной модели прецедента, рисунок 4.

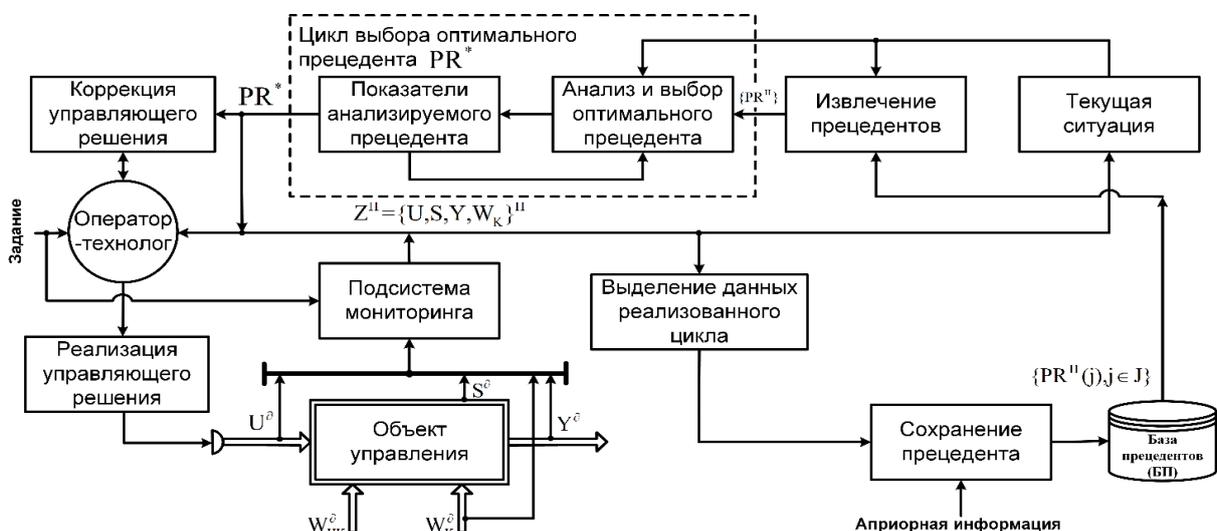


Рисунок 3. Схема процесса управления СФТО циклического действия

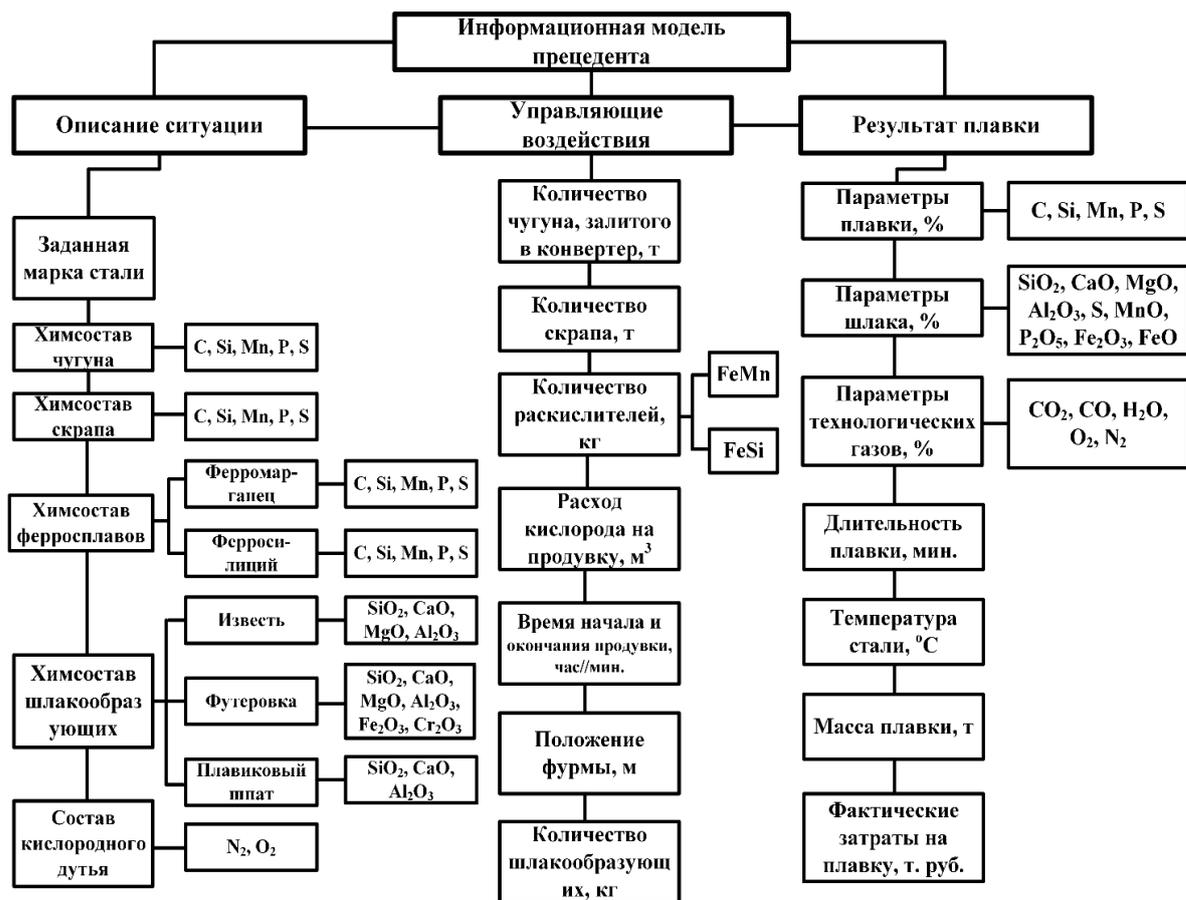


Рисунок 4. Структура информационной модели прецедента (для синтеза программы управления предстоящей плавкой стали в конвертере)

Естественным 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 (по исходным данным) 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 максимально 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 закону необходимого разнообразия У.Р. Эшби применительно к СФТО, которые характеризуются очень высоким разнообразием.

Список литературы:

1. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. — Москва: МЭИ, 2008. — С. 396. — 400 с

2. 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.

3. Carlos E Garcia, David M Prett, and Manfred Morari. Model predictive control: theory and practice - a survey. *Automatica*, 25(3):335–348, 1989.

4. Дозорцев В.М. АРС-усовершенствованное управление технологическими процессами / В.М. Дозорцев, Д.В. Кнеллер // Датчики и системы. №10, 2005. — 2005. — с. 56-62.

5. 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.

6. 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.

7. Теория и практика прогнозирования в системах управления / С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.П. Мышляев и др. — Кемерово, М.: Издательское объединение «Российские университеты»: Кузбассвузиздат – АСТШ, 2008. — 487 с.

8. 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.

9. 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.
10. 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.
11. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AI Communications*. IOS Press, Vol. 7: 1, pp. 39-59.
12. 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.
13. Карпов Л.Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов / Л.Е. Карпов, В.Н. Юдин // *Труды Института системного программирования РАН*, том 13, часть 2, 2007, стр. 37-58.
14. 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.)*.

Научное издание

**Приоритетные направления
инновационной деятельности в промышленности**

*Сборник научных статей
по итогам международной научной конференции
(31 января 2020 г.)
Часть 1*

Подписано в печать 10.02.2020 г. Формат 60x1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Тираж 200 экз. Заказ А200216.
Отпечатано в типографии ООО «Конверт», филиал г. Казань