

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

ВК «Кузбасская ярмарка»



Посвящается 300-летию Кузбасса

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 7 - 2021

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2021. - № 7. – 400 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 1-4 июня 2021 г).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

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

УДК 622.2
ББК 33.1

РОБОТИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	211
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОМ ГЕОМАССИВЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БЕЗОПАСНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ	213
Павлова Л.Д., Фрянов В.Н.....	213
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	213
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ	216
Фрянов В.Н., Исаченко А.А., Петрова О.А.....	216
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	216
ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКОМПЛЕКСНОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	221
¹ Макаров Г.В., ¹ Мышляев Л.П., ¹ Саламатин А.С., ¹ Грачев В.В., ² Вдовиченко В.М.....	221
¹ ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.....	221
² ООО «Омрон Электроникс», г. Москва, Россия	221
ЦИФРОВИЗАЦИЯ – ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ	225
¹ д.т.н. Мышляев Л.П., ² к.т.н. Венгер К.Г., ³ к.т.н. Грачев В.В.	225
1 – ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия	225
2 – ООО «РТ-СтройИнжиниринг», г. Москва, Россия	225
3 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	225
ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: ПОНЯТИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ	227
¹ Коровин Д.Е., ¹ к.т.н. Грачев В.В., ² д.т.н. Мышляев Л.П., ² Иванов Д.В., ² Кулюшин Г.А., ² Загидулин И.Р., ² Свинцов М.М., ² Макаров Г.В.	227
1 - Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	227
2 - Научно-исследовательский центр систем управления, г. Новокузнецк, Россия	227
МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КВАДРАТИЧНЫХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ ДЕГАЗАЦИОННЫХ И ГАЗООТСАСЫВАЮЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ	232
Колегов Г.А.....	232
Томский государственный университет, г. Томск, Россия	232
МЕТОДОЛОГИЯ УЧЁТА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫРАБОТАННЫХ ПРОСТРАНСТВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С ЦЕЛЬЮ ИХ ВКЛЮЧЕНИЯ В МОДЕЛИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	238
Колегов Г.А.....	238
Томский государственный университет	238
г. Томск, Россия.....	238
РАЗРАБОТКА ДЕТЕРМИНИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ СМЕРЗШЕГОСЯ В ВАГОНЕ УГОЛЬНОГО СЫРЬЯ НА УСТАНОВКЕ ДЛЯ ЕГО РАЗМОРОЗКИ.....	243
д.т.н. Рыбенко И.А., к.т.н. Сеченов П.А., д.т.н. Калашников С.Н.	243
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	243
РАЗРАБОТКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ ОТХОДОВ УГЛЕОБОГАЩЕНИЯ	246
д.т.н. Рыбенко И.А., к.т.н. Буинцев В.Н., к.т.н. Ермакова Л.А.	246
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	246
ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ С ДАТЧИКОВ АЭРОГАЗОВОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ	250
Дворянчиков М.В., д.т.н. Павлова Л.Д.....	250
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	250
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДА СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	253
Ефимов Н.Ю., Завьялов Ю. А., Свинцов М.М., Тишанинов Ю.Ю., к.т.н. А.В. Зимин	253
Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия	253
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА СЕТЕВОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ.....	258

Конвергенция кровля-почва, бок-бок выработок в окрестности очистного забоя в вертикальном сечении по падению пласта

Наименование параметра	Условия эксперимента	Ширина сокращаемого целика, м	
		10	2
Конвергенция кровля-почва в очистном забое, мм	$H=380$ м; $h=0,5$ м	190	260
Конвергенция кровля-почва в разрезной печи, мм	$H=380$ м; $h=0,5$ м	180	230
Конвергенция бок-бок в разрезной печи, мм	$H=380$ м; $h=0,5$ м	90	130
Конвергенция кровля-почва в очистном забое, мм	$H=590$ м; $h=10,5$ м	130	270
Конвергенция кровля-почва в разрезной печи, мм	$H=590$ м; $h=10,5$ м	120	210
Конвергенция бок-бок в разрезной печи, мм	$H=590$ м; $h=10,5$ м	55	95

Выводы. По результатам исследования численным методом конечных элементов влияния глубины разработки и мощности пород между сближенными пластами установлено, что при переходе угля от упругого состояния к упруго-пластичному и запредельному в сокращаемом угольном целике возможны динамические формы проявления горного давления, что может привести к аварийной ситуации в очистном забое.

Список литературы

1. Способы вскрытия, подготовки и системы разработки шахтных полей / Б.Ф. Братченко [и др.]. – М.: Недра, 1985. – 494 с.
2. Глазов Д.Д. Системный подход к применению механизированных комплексов. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1980. – 112 с.
3. Рогов Е.И., Грицко Г.И., Вылегжанин В.Н. Математические модели адаптации процессов и подсистем угольной. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1979. – 240 с.
4. Колмагоров В.М. Управление геомеханическими и физическими процессами при подземной разработке угольных пластов. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2002. – 133 с.
5. О состоянии промышленной безопасности опасных производственных объектов, рационального использования и охраны недр Российской Федерации в 1999 году: госуд. доклад; под ред. В.Д. Лозового. – М.: ГП НТЦ по безопасности и промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – 224 с.
6. Пучков Л.А., Жежелевский Ю.А. Подземная разработка месторождений полезных ископаемых. – М.: Изд-во МГУ, 2008 – 562 с.
7. Свидетельство о регистрации электронного ресурса. Комплекс проблемно-ориентированных программ для моделирования формирования и распределения опасных зон в газоносном геомассиве / В.Н. Фрянов, О.А. Петрова, Т.В. Петрова; СибГИУ. – № 21123.

УДК 681.51

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОКОМПЛЕКСНОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

¹Макаров Г.В., ¹Мышляев Л.П., ¹Саламатин А.С., ¹Грачев В.В., ²Вдовиченко В.М.

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

2 – ООО «Омрон Электроникс», г. Москва, Россия

Аннотация. Рассматриваются варианты структуры АСУ ТП на примере обогатительной фабрики на основе единой платформы автоматизации Omron Sysmac, а также с применением разнородных устройств, объединяемых промышленными сетями Ethernet/IP на нескольких уровнях с физическим разделением. Предложена общая структура АСУ ТП, подходящая для сквозного управления объектами с переменной структурой, построенных из различных технологических комплексов углеобогатительных фабрик.

Ключевые слова: АСУ ТП, системы управления, обогатительные фабрики, сквозное управление.

Современное производство характеризуется протеканием технологических процессов в комплексах, которые работают не как жестко установленные последовательные ступени, но и могут комбинироваться для достижения поставленной цели. В области углеобогащения часто встречаются параллельные независимые производственные ветки, обводные пути для определенных комплексов, комплексы выделения и обработки определенных классов угля, управляемое складирование и шихтовка, и др. Такая управляемая структура позволяет динамически перестраивать производство под различное исходное сырье, заданные планом объемы и характеристики готового продукта, или же вывод в плановый ремонт каких-либо единиц оборудования для получения наибольшей эффективности. Системы управления этими производственными объектами необходимо рассматривать как системы с переменной структурой [1] и учитывать возникающие различного рода прямые и обратные связи [2].

Управление такими системами должно учитывать отмеченные выше особенности, прогнозировать эффекты принимаемых решений на уровне управления производством, операторов технологических процессов, изменений в работе оборудования или сырья – для этого разрабатываются специализированные модели, составляющие основу цифровых двойников производства. Это позволяет говорить о «сквозном управлении», когда изменения в любой части системы позволяют оценить изменения в других и принять соответствующие решения. Например, при изменении общего производственного плана необходимо ввести в действие (или вывести) определенные производственные комплексы и выставить нужные согласованные базовые уровни производительности каждой технологической единицы в цепочке. Такого рода решения активно развиваются во многих отраслях промышленности, таких, как нефтехимическая, машиностроительная, горнодобывающая и горноперерабатывающая. На данный момент цифровая трансформация активно идет и в металлургии, например, в [3] изложены основные направления применения концепции «Индустрии 4.0» в ПАО «ММК», которые позволяют создать единую информационную основу для реализации комплекса мер по оптимизации и повышению эффективности работы как отдельных агрегатов, цехов, производств, так и предприятия в целом.

Для реализации принципов такого сквозного управления необходима интеграция всех действовавших средств автоматизации в единую систему. Компания Omron предлагает использовать средства платформы Sysmac для решения этих задач (рис. 1), которая объединяет функции управления движением, программно-логического управления, обеспечения безопасности, управления сетями и визуальный контроль. Сеть EtherCAT – самая быстродействующая из сетей оборудования позволяет объединять контроллеры, корзины ввода/вывода и устройства в единой среде. IO-Link – это сетевой коммуникационный протокол типа «точка-точка» для связи датчиков и приводов с контроллером. Ethernet/IP – распространенный сетевой протокол, который позволяет объединять интерфейсы визуализации, серверы и другие контроллеры.

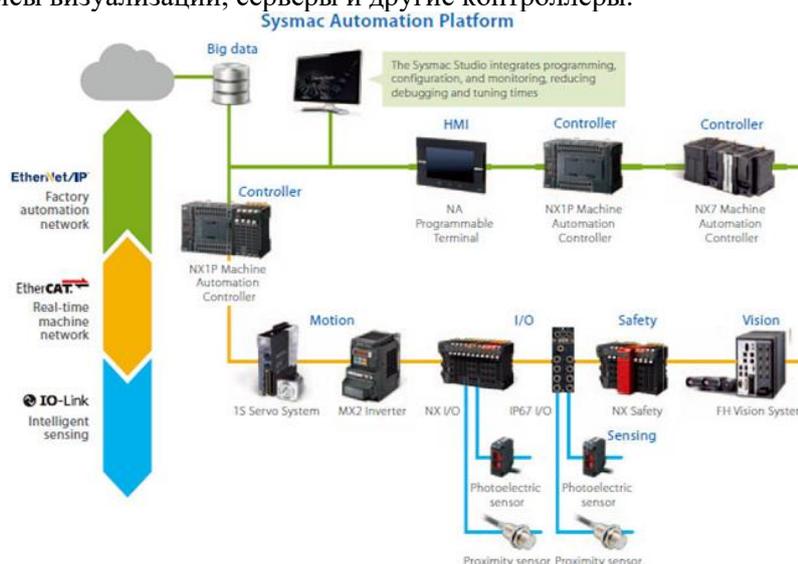


Рис. 1. Платформа автоматизации Sysmac

Использование технологий Big data и предиктивной диагностики, реализующиеся в интеллектуальных модулях, встроенным в сами устройства [4] позволяют существенно повысить уровень прозрачности процессов и доступа к данным. К таким устройствам относится как сам уни-

версальный машинный контроллер с искусственным интеллектом Omron серии NX и NY, так и отдельные устройства, например, устройства мониторинга K6CM для оценки состояния асинхронных двигателей, K6PM-TN для мониторинга и анализа температурного статуса панельных устройств для оптимизации энергоэффективности и значительного снижения риска аварийного останова. Кроме встроенных аппаратных средств мониторинга и диагностики необходимо отметить также необходимость разработки встроенных программных модулей и блоков, которые могут применяться для оперативной диагностики и оценивания предаварийных состояний технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов [5].

Однако при проектировании такого большого и сложного объекта как углеобогащительная фабрика чаще всего невозможно реализовать всю систему на базе одной платформы. Часть устройств поставляется комплектно с технологическим оборудованием, что-то было приобретено в результате технической ошибки, и т.д. В таком случае приходится говорить об интеграции различного рода устройств, различных производителей, на различных протоколах, отдельных локальных систем управления со своими особенностями работы.

Для этого структура главной АСУ ТП должна иметь возможность подключения такого разнообразия, но без ущерба собственной производительности и безопасности. При проектировании АСУ ТП обогатительной фабрики «Шахта №12» [6] главная АСУ ТП реализована на контроллерах серии CJ2 корпорации Omron и удаленном вводе/выводе серии NX. Сети АСУ ТП имеют несколько уровней и физически разделены с помощью отдельных оптических жил и управляемых коммутаторов:

- FINS для связи контроллеров с HMI и SCADA;
- Ethernet/IP для связи контроллеров друг с другом и вводом/выводом;
- Modbus для связи с пусковой аппаратурой и др.

Однако не все локальные системы были оснащены возможностью физического разделения сетей, а требовалась интеграция на обоих уровнях – оперативно-диспетчерского контроля и управления и уровне программируемых логических контроллеров. Контроллеры некоторых локальных систем также не поддерживали возможность обмена данными по протоколу FINS. Отмеченные особенности требуют от проектируемых АСУ ТП большой гибкости и широкого спектра возможностей.

Значительное влияние при разработке структуры АСУ ТП также оказывает разбиение производства на комплексы и линии, когда необходимо принимать решение о распределенной реализации информационных и управляющих функций, т.е. распределенном вводе/выводе или управлении [7]. Крупные комплексы, такие, как сушильно-топочное отделение или отделение флотации могут иметь малое количество смежных агрегатов и сигналов с остальными технологическими комплексами. При этом могут работать отдельно, «дорабатывая» имеющиеся объемы продукции вне зависимости от работы остальных. В этом случае целесообразно говорить об отдельном управляющем контроллере и систему управления для них.

Преимущества отдельной системы управления повышает надежность системы, дает возможность проводить какие-либо работы по комплексам не прерывая работу остальных, уменьшить объем информации, непрерывно запрашиваемой системой диспетчеризации из контроллера.

В свою очередь, если комплексы имеют большое количество смежных, но распределенных по распредпунктам, отметкам и зданиям (или частям здания) агрегатов, а запуск и блокировки технологической цепочки осуществляется не последовательно в каждом комплексе, а по сложным схемам и зависимостям более рационально объединить их единой системой управления с помощью контроллера с удаленным вводом/выводом.

Применение данного подхода имеет следующие достоинства:

- позволяет повысить надежность системы;
- снижает стоимость системы;
- процессорный модуль не привязан к управляемым объектам, данные об их состоянии могут передаваться на большие расстояния;
- реализация алгоритма управления всего промышленного объекта в едином процессорном модуле приводит к снижению простоя фабрики в процессе ее эксплуатации.

Система удаленного ввода/вывода Omron NX, построенная на сети EtherCAT имеет высокую скорость обмена данными и применима для процессов, когда требуется оперативное реагирование на самые малые и быстрые изменения в параметрах их протекания, а малейшие изменения по точности ведут к браку продукции. Однако, недостатком данной системы можно отметить невозможность вывести отдельный узел (корзину ввода/вывода) из работы без остановки работы всех

остальных узлов. Но в действующей обогатительной фабрике часто возникает такая необходимость, поскольку оборудование может выходить из строя и требует оперативной замены и ремонта, добавляются новые устройства и, часто, в условиях действующего производства. Для этого требуется гибкость управляющей системы и объекта, которая предусматривает возможность оперативного переключения и обходных маршрутов.

Для того, чтобы обеспечить независимую работу всех узлов – локальных систем, корзин ввода/вывода необходима интеграция их через сети, позволяющие реализовывать как кольцевые структуры, так и структуру «звезда». В линейке продуктов Omron NX возможна интеграция по промышленной сети Ethernet/IP как корзин ввода/вывода, так и контроллеров между собой. Однако в этом случае возникает задача разграничения доступа и физического разделения сетей на несколько уровней. Возможная конфигурация структуры управляющей части АСУ ТП обогатительной фабрики для такого случая представлена на рис. 2.

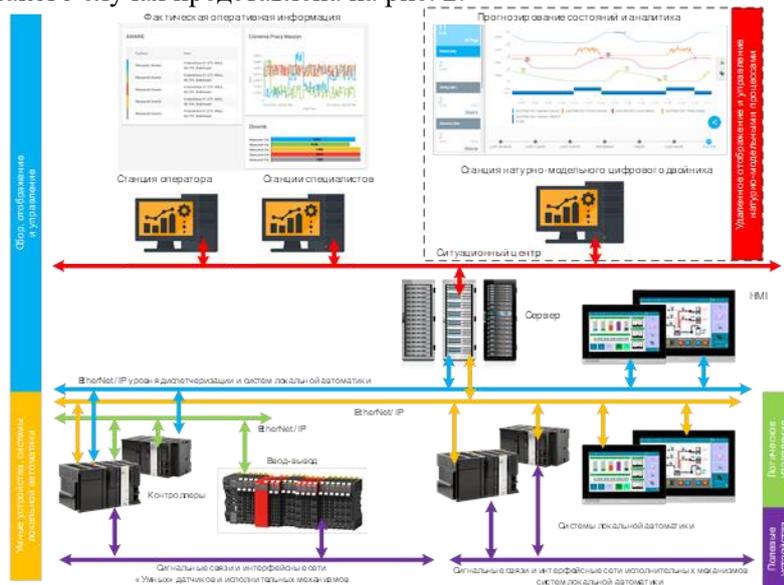


Рис. 2. Пример структуры управляющей части АСУ ТП

Эта структура позволяет добиться модульности, расширяемости системы и оптимально организовать функции распределенного ввода/вывода и управления. Подобная техническая структура должна лежать в основе АСУ ТП современной обогатительной фабрики, разбитой на комплексы и линии, которые характеризуют производство как объект с переменной структурой. Объекты с переменной структурой требуют, в свою очередь, специальных систем управления и регулирующих контуров, предназначенных не только для координатно-параметрического управления, но также и управления структурой объекта и самой системы [2].

При проектировании и настройке этих систем необходимо учитывать также и эффекты, возникающие при различных типах управляющих связей. Это актуально как для локальных контуров регулирования, так и для всего объекта в целом. Запускаемые «вручную» поточно-транспортные системы ограничены последовательностью действий одного оператора, или аппаратчиков «по месту». Система автоматического управления запуском при этом может вводить в работу несвязанные комплексы и агрегаты параллельно, учитывать необходимые последовательности запуска и значения технологических параметров, и самостоятельно переходить к следующему шагу сразу по исчезновению технологических блокировок. Это позволяет в разы сократить время запуска обогатительной фабрики. Например, если оператору фабрики требуется на запуск «с нуля» от 40 до 60 минут, то система автоматического управления запуском позволяет осуществить запуск за 15 минут, что существенно меняет динамику комплексов фабрики как объектов управления.

Для отдельных же агрегатов и контуров задачи создания и настройки систем управления можно решать различными способами, для каждого из которых есть своя область эффективного применения. Типизация технологических агрегатов с точки зрения управления [8] позволяет реализовать как типовые системы автоматического регулирования, так и системы логического управления. Контроллеры Omron начиная с серии CJ2 поддерживают не только типовые функциональные блоки, но и организацию вход-выходных переменных и переменных состояния в виде структур данных. Пример такой типизации на базе контроллера Omron CJ2N запатентован как програм-

ма ЭВМ [9]. Для создания и настройки систем управления более сложными контурами, или не имеющими действующих примеров процессами создают экспериментальные физические модели или полупромышленные установки. Адекватный перенос результатов исследований систем управления на таких моделях возможен только при использовании методов теории подобия систем управления [10].

Вывод. Применение отмеченных в статье подходов и инструментов позволяет эффективно создавать и внедрять как новые системы автоматизации управления, так и модернизировать существующие, поэтапно внедряя элементы сквозного управления, натурно-модельных цифровых двойников и Индустрии 4.0.

Список литературы

1. Емельянов С.В. Системы автоматического управления с переменной структурой. – М.: Наука, 1967. – 336 с.
2. Емельянов С.В., Коровин С.К. Новые типы обратной связи: Управление при неопределенности. – М.: Наука. Физматлит, 1997. – 352 с.
3. Концепция «Индустрия 4.0». Научные проблемы создания интеллектуальных систем управления технологическими процессами в пирометаллургии / Н.А. Спирин [и др.] // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : тр. XII всерос. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2019. – С. 25-29.
4. Романовский С.П., Ахмаров В.А. Практические аспекты внедрения элементов цифровых машин в рамках концепции «Индустрия 4.0» // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : тр. XII всерос. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2019. – С. 118-121.
5. Оценивание предаварийных состояний технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов / М.В. Ляховец [и др.] // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2020. – № 3. – С. 16-24.
6. Система автоматизации управления обогатительной фабрикой ООО «Шахта №12» / М.В. Шипунов [и др.] // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : тр. XII всерос. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2019. – С. 186-192.
7. Саламатин А.С., Макаров Г.В., Раскин М.В. Особенности распределенного управления промышленными объектами // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : тр. всерос. науч. конф. студ., аспирантов и мол. учен. – Новокузнецк, 2019. – С. 45-48.
8. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогатительных фабрик / А.С. Саламатин [и др.] // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов. – 2018. – № 4. – С. 330-333.
9. Свидетельство 2021614553. Типовой функциональный блок управления задвижками, клапанами с дискретным управлением : программа для ЭВМ / Л.П. Мышляев [и др.] (RU) ; правообладатель ООО «НИЦ СУ» (RU). № 2021613515; заявл. 18.03.2021; опубл. 25.03.2021, Бюл. № 4. 320 Кб.
10. Исследование систем управления с применением физических моделей / В.Ф. Евтушенко [и др.] // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве : тр. X всерос. науч.-практ. конф. – Новокузнецк, 2015. – С. 159-165.

УДК 681.518

ЦИФРОВИЗАЦИЯ – ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

¹д.т.н. Мышляев Л.П., ²к.т.н. Венгер К.Г., ³к.т.н. Грачев В.В.

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

2 – ООО «РТ-СтройИнжиниринг», г. Москва, Россия

3 – Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению понятия «цифровизация» как инструментария для решения задач управления. Приведены проблемы формирования цифровых двойников, выделены два направления создания цифровых моделей. Отмечена необходимость использования натурно-модельного подхода, методов натурно-математического моделирования, теории подобия для построения цифровых моделей.

Ключевые слова: цифровизация, цифровой двойник, моделирование, математическая модель, теория подобия, натурно-математическое моделирование.

Большинство публикаций в средствах массовой информации, да и в научной литературе, широко разрекламирована цифровизация как панацея решения многих научно-технических и со-

Научное издание

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Под общей редакцией профессора В.Н. Фрянова

Компьютерная верстка Л.Д. Павловой

Подписано в печать 24.05.2021 г.

Формат бумаги 60x84 1/16. Бумага писчая. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 23,76 Уч.-изд. л. 25,16 Тираж 1000 экз. Заказ

Сибирский государственный индустриальный университет

654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42.

Издательский центр СибГИУ