

Open Space находится на финальных этапах разработки и тестирования, сочетая в себе все преимущества схожих проектов по управлению конференциями. Планируется, что разрабатываемая система управления конференциями станет лучшим решением среди аналогов и выйдет на мировой рынок.

### Список использованных источников

1. Open Conference Systems // Public Knowledge Project [web-сайт]. – URL: <https://pkp.sfu.ca/ocs/> (дата обращения 25.04.2022).
2. Сервис по созданию по созданию конференций // Microsoft [web-сайт]. – URL: <https://cmt3.research.microsoft.com/> (дата обращения 25.04.2022).
3. Сервис по созданию игровых джемов // Gamejam [web-сайт]. – URL: <https://gamejam.com/> (дата обращения 25.04.2022).
4. Документация по MySQL // MySQL official documentation [web-сайт]. – URL: <https://dev.mysql.com/doc/> (дата обращения 25.04.2022).
5. Документация по React // React official documentation [web-сайт]. – URL: <https://ru.reactjs.org/> (дата обращения 25.04.2022).

УДК 004.94

**Г. В. Макаров, М. М. Свинцов, Н. В. Скударнова, Л. П. Мышляев**  
ООО «Научно-исследовательский центр систем управления»,  
г. Новокузнецк, Россия

### ВИРТУАЛЬНАЯ ПУСКОНАЛАДКА И ПОДОБИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности виртуальной пусконаладки. Представлен подход, объединяющий метод моделирования «в петле», натурно-математический подход и теорию подобия систем управления. Данный подход может быть применен для мониторинга и прогнозирования показателей работы технологического объекта, моделирования и оценки управленческих решений оперативно-диспетчерского персонала, отработки принятия решений в различных ситуациях и предотвращения аварийных ситуаций до их критического влияния на процесс.

**Ключевые слова:** автоматизация, моделирование, пусконаладка, системы управления, HIL-моделирование.

**Abstract.** The article describes the specific features of virtual commissioning. The presented method combines "hardware in the loop" modelling method, nature-mathematical method and similarity theory of control systems and can be used for monitoring and predicting the parameters of technological facility operation, modelling and evaluation of management decisions of operational and dispatch personnel, practicing decision-making in various situations and prevention of emergency situations before their critical impact on the process.

**Key words:** automation, modeling, commissioning, control systems, HIL modeling.

Вопросы виртуальной пусконаладки всё чаще возникают при создании систем автоматизации управления. Это связано с тем, что современные АСУ ТП создаются во всё более жестких условиях, и задача их разработки связана, в первую очередь, с сокращением сроков их создания и стоимости. При этом постоянно повышаются требования к функциональным возможностям, растёт сложность и вычислительная мощность технических средств на всех уровнях, постоянно появляются новые технические средства. Выход из этой ситуации состоит в применении различного рода моделей до того, как системы были созданы.

Вариант решения предлагает подход моделирования «в петле», или НПЛ-моделирования [1], когда объект «вынимается», «вставляется» его математическая модель, происходит настройка сценария управления, потом он фиксируется и объект возвращается. Данный подход позволяет провести отладку алгоритмов самой системы управления при условии наличия моделей, описывающих объект с необходимых сторон.

Но современная комплексная АСУ ТП должна учитывать множество параметров объекта, которым управляет – это технологические показатели процессов, аварийные и предаварийные состояния процессов и оборудования, аналоговые и логические сигналы коммутационных цепей и пусковой аппаратуры, мониторинг аэрогазовых параметров, действия операторов, аппаратчиков, машинистов и др. Такая система получается очень распределенная, как с распределенной логикой, так и распределенным вводом/выводом, с распределенными командами от персонала и распределенными локальными системами управления. А переменная структура объекта управления, которая становится производственной нормой, хотя и открывает новые возможности управления, но и добавляет сложности системе. В этих условиях невозможно ограничиться какими-то определенными математическими моделями, даже очень точными, для отладки системы вне действующего объекта [2].

Традиционный метод использования математических моделей позволяет получить определенные результаты исследования и при дальнейшей работе по внедрению систем применить их, но с последующей корректировкой, которая не всегда возможна. К тому же, не всегда есть возможность построить саму математическую модель, особенно с учетом сжатых сроков разработки.

В таких случаях эффективный метод решения предлагает теория подобия систем управления [3]. Если при строительстве объекта (особенно нового и неизученного) имеется возможность создать физическую модель, либо полупромышленный комплекс, на котором можно провести испытания и исследования, которые будут более соответствовать тем условиям, в которых будет работать будущая натурная система управления, то перенос результатов с физических моделей на натуральный оригинал возможен при обеспечении их подобия.

Объединив подход моделирования «в петле» и подобия систем управления можно получить эффективное средство виртуальной пусконаладки, однако это даст возможность настраивать лишь отдельные комплексы, а построение физической модели взаимосвязанных цепочек агрегатов встречается очень редко.

Более эффективными при исследовании сложных технологических комплексов являются методы натурно-модельного подхода [4].

Для их применения можно использовать ретроспективные данные, но больше возможностей представляется при интеграции специальных подсистем натурно-математического моделирования в действующие объекты. Действующая АСУ ТП тогда дополняется специальной станцией натурно-модельного цифрового двойника. PLC цифрового тренажера содержит идентичные действующей АСУ ТП алгоритмы, а его входы/выходы подменяются через OPC-сервер специальной программой. Таким образом можно провести отладку новых алгоритмов АСУ ТП на уровне законов регулирования, систем логического управления, предиктивного анализа и др. без воздействия на действующую систему (рис. 1).

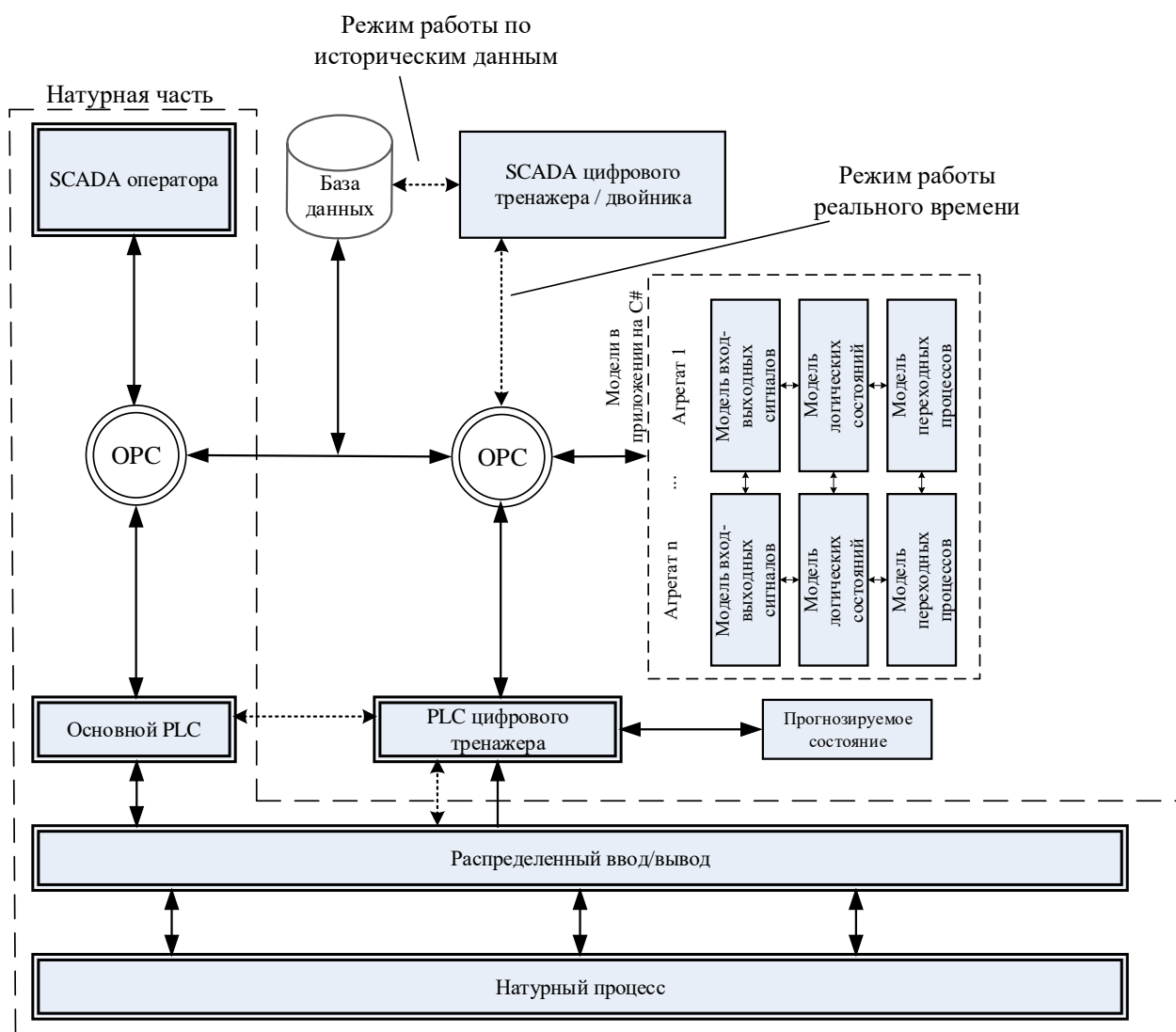


Рис. 1. Дополненная структура АСУ ТП

Базовой составляющей нижнего уровня современных АСУ ТП являются системы логического управления.

Логическое управление — вид управления, который основывается на истинности и ложности каких-либо предпосылок (в частности - дискретных сиг-

налов от объекта управления). Результатом управления является выдача управляющих воздействий для объекта управления.

В рамках предлагаемого подхода структуру СЛУ можно представить в виде набора блоков, представленных на рисунке 2.

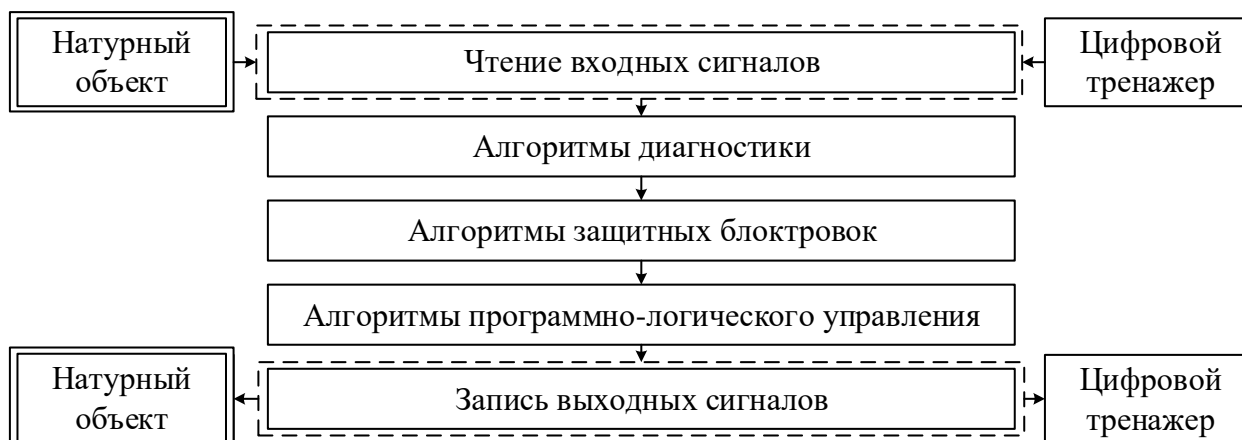


Рис. 2. Структура системы логического управления

Так, сначала в систему поступают входные параметры (сигналы от реле и кнопок, команды оператора и т.д.), после чего производится диагностика состояний – определяются аварийные и информирующие признаки, состояние агрегата (запуск агрегата, работа, авария и т.д.). Производится проверка блокировок (агрегаты, объединённые в одну цепочку, должны запускаться последовательно) и на основе набора полученных данных определяется алгоритм программно-логического управления, после чего производится передача соответствующих управляющих сигналов. Возможно взаимодействие как с натурным объектом, так и с цифровым тренажером – в зависимости от режима работы происходит переключение на соответствующие входные и выходные сигналы.

В качестве примера рассмотрим реализацию компонента на примере одного из типовых контуров обогащения угля в тяжелосреднем гидроциклоне (ТГЦ) обогатительной фабрики. На рисунке 3 представлен реализованный SCADA-интерфейс для взаимодействия с моделируемым контуром.

Представленное решение позволяет отрабатывать различные сценарии работы при подключении данных из БД (режим работы по историческим данным), а также с применением натурно-модельного подхода прогнозировать реакцию системы на изменение технологических параметров (режим работы в реальном времени).

Для реализации широкого спектра возможностей исследования должны быть построены комплексные модели агрегатов и процессов, содержащие:

- модели логических состояний вход/выходных сигналов технологического оборудования и цепей управления им [5];
- пересчетные модели процессов данного технологического оборудования [6];
- модели конструктивных особенностей нестандартных изделий, влияющие на свойства объектов управления [7];

- модели статистических зависимостей и индикаторов предаварийных состояний оборудования [8];
- модели типопредставительных производственных ситуаций, сформированных по данным промышленной эксплуатации [9].

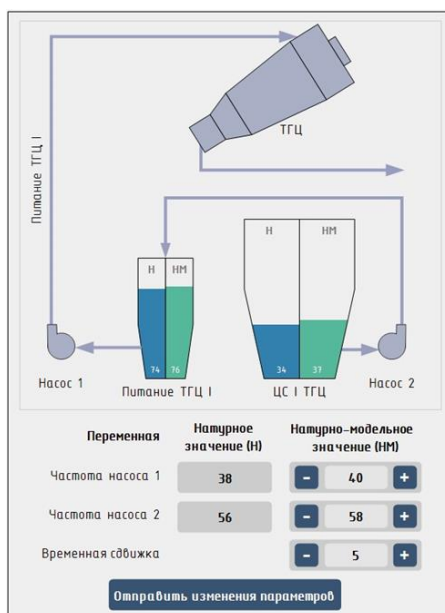


Рис. 3. Интерфейс для взаимодействия с контуром

Предложенные модели составляют основу для комплексного подхода к моделированию технологических процессов, опирающийся на натурные данные, получаемые из его информационного отображения, различного рода модели, характеризующие каждый входящий в комплекс агрегат и связи между ними в соответствии с принципами системного подхода и моделирования сложных систем [10] позволяют реализовывать совместное моделирование технологических процессов и состояний оборудования [11]. Указанный подход может быть применен для мониторинга и прогнозирования показателей работы технологического объекта, моделирования и оценки управленческих решений оперативно-диспетчерского персонала, отработки принятия решений в различных ситуациях и предотвращения аварийных ситуаций до их критического влияния на процесс [12]. Большой потенциал возможностей также открывается при интеграции описанных решений со средой многоуровневого компьютерного моделирования [13] в рамках виртуально-физических лабораторий.

### Список использованных источников

1. Hardware-in-the-Loop Simulation: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hil-simulation.com/> (Дата обращения: 28.04.2022).
2. Советов Б.Я. Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 7-е изд. – М.: Юрайт, 2019. – 343 с.

3. Мышляев Л.П. Подобие систем в задачах управления / Л.П. Мышляев, В.Ф. Евтушенко, К.А. Ивушкин, Г.В. Макаров, Д.Г. Березин // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2012. № 2. – С. 41-43.
4. Евтушенко В.Ф. О натурно-модельном подходе и теории подобия применительно к системам управления / В.Ф. Евтушенко, А.А. Ивушкин, К.Г. Венгер, Л.П. Мышляев, Г.В. Макаров // В сборнике: Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019. Труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). под общ. ред. С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. 2019. – С. 21-24.
5. Макаров Г.В. Моделирование логических состояний оборудования / Г.В. Макаров, Е.В. Тамаркина, М.В. Ляховец, А.С. Саламатин // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Мин-во образования и науки РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред.: С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – С. 108-113.
6. Свинцов М.М. Пересчётное натурно-математическое моделирование в задачах управления / М.М. Свинцов, И.Р. Загидулин, М.К. Венгер, Д.Е. Корovin, Д.В. Иванов, Л.П. Мышляев, Г.В. Макаров // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Мин-во образования и науки РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред. Н.А. Козырева. – Новокузнецк, 2021. – С. 58-62.
7. Макаров Г.В. Совместное моделирование процессов и логических состояний оборудования / Г.В. Макаров, А.С. Саламатин, М.В. Ляховец, Н.В. Скударнова // В сборнике докладов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2021) с международным участием (Екатеринбург, 13–14 мая 2021 г.). – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – С. 257-262.
8. Ляховец М.В., Макаров Г.В., Саламатин А.С., Шипунов М.В. Оценивание предаварийных состояний технологического оборудования и контрольно-измерительных приборов // Промышленные АСУ и контроллеры. 2020. № 3. – С. 16-24.
9. Саламатин А.С. Типовые решения по автоматизации технологических объектов на примере углеобогатительных фабрик / А.С. Саламатин, Г.В. Макаров, М.В. Ляховец, Л.П. Мышляев, М.В. Раскин // Научно-технологические разработки и использования минеральных ресурсов: науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк. 2018. №4. – С. 331-334.
10. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / Н.П. Бусленко. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
11. Макаров Г.В. Совместное моделирование процессов и логических состояний оборудования / Г.В. Макаров, А.С. Саламатин, М.В. Ляховец, Н.В. Скударнова // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2021) – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – С. 281-286.

12. Скударнова Н.В. Программная реализация модели тяжелосреднего гидроциклона как компонента цифрового двойника производства / Н.В. Скударнова, Г.В. Макаров, М.М. Свинцов // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2021: труды XIII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) / Мин-во образования и науки РФ, Сиб. гос. индустр. ун-т [и др.]; под общ. ред.: С.М. Кулакова, Л.П. Мышляева. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2021. – С. 151-155.

13. Дмитриев В.М. / Методика построения виртуально-физической лаборатории «Элементы и устройства роботизированных систем» / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, Т.Н. Зайченко, М.И. Кочергин / Электронные средства и системы управления. Материалы докладов Международной научно-практической конференции. 2019. № 1-2. С. 178-182.

УДК 004.4

**Д. Д. Панков, Е. В. Киселев**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РЕКУПЕРАТОРА**

**Аннотация.** *На сегодня опыт, полученный отечественными и зарубежными предприятиями, убедительно доказывает, что развитие предприятий металлургического комплекса, решение проблемы качества и конкурентоспособности металлопродукции на мировом рынке требуют коренного совершенствования систем сбора, хранения, обработки, передачи и использования информации, используемых как для управления технологическими процессами, так и управления производством в целом. Любой технологический объект или агрегат должен быть максимально автоматизирован и информатизирован. Это существенно повышает его экономическую эффективность и позволяет предприятию сохранять конкурентоспособность на рынке.*

*В данной работе проведен процесс автоматизации расчета металлического петлевого рекуператора, который часто используется для рекуперации теплоты дымовых газов от нагревательных и термических печей для подогрева воздуха и газообразного топлива.*

**Ключевые слова:** *web-приложение; рекуператор; теплотехника.*

**Abstract.** *Today, the experience gained by domestic and foreign enterprises convincingly proves that the development of enterprises in the metallurgical complex, the solution of the problem of quality and competitiveness of metal products in the world market require a fundamental improvement in the systems for collecting, storing, processing, transmitting and using information used both for managing technological processes, and production management in general. Any technological object or unit should be automated and informatized as much as possible. This significantly increases its economic efficiency and allows the company to remain competitive in the market.*

*In this paper, the process of automating the calculation of a metal loop heat exchanger is carried out, which is often used to recover the heat of flue gases from heating and thermal furnaces for heating air and gaseous fuel.*