

УДК 519.876.5

В. В. Грачев, Л. П. Мышляев, Г. В. Макаров, М. М. Свинцов, Д. Е. Коровин

V. V. Grachev, L. P. Myshlyayev, G.V. Makarov, M. M. Svintsov, D. E. Korovin

Грачев Виталий Викторович, к. т. н., доцент, СибГИУ; заместитель директора, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.

Мышляев Леонид Павлович, д. т. н., профессор, директор, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.

Макаров Георгий Валентинович, преподаватель, СибГИУ; начальник отдела, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.

Свинцов Максим Максимович, магистрант 1 курса ИИТиАС, СибГИУ; инженер-программист, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.

Коровин Денис Евгеньевич, аспирант 1 курса ИИТиАС, СибГИУ; инженер-программист, ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк, Россия.

Grachev Vitaly Viktorovich, candidate of technical Sciences, associate Professor, SibSIU; deputy director, Scientific-research Center for Control Systems LLC, Novokuznetsk, Russia.

Myshlyayev Leonid Pavlovich, doctor of technical Sciences, Professor, director, Scientific-research Center for Control Systems LLC, Novokuznetsk, Russia.

Makarov Georgiy Valentinovich, lecturer, SibSIU; head of department, Scientific-research Center for Control Systems LLC, Novokuznetsk, Russia.

Svintsov Maxim Maximovich, 1-year master student of IITIAS, SibSIU; part-programming engineer, Scientific-research Center for Control Systems LLC, Novokuznetsk, Russia.

Korovin Denis Evgenievich, 1-year graduate student of IITIAS, SibSIU; part-programming engineer, Scientific-research Center for Control Systems LLC, Novokuznetsk, Russia.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО ПЕРСОНАЛА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ

USING OF DIGITAL TWINS AT TRAINING OF THE DISPATCHING PERSONNEL OF AUTOMATED INDUSTRIAL COMPLEXES

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования технологии цифрового двойника при обучении оперативно-диспетчерского персонала автоматизированных промышленных комплексов. Представлен пример использования цифрового двойника при обучении операторов комплекса погрузки концентрата углеобогадательной фабрики «Антоновская» (г. Новокузнецк Кемеровской обл.).

Annotation. The article discusses the possibility of using the digital twin technology in training of operational dispatching personnel of automated industrial complexes. An example of the use of digital twin in the training of operators of the concentrate loading complex at the Antonovskaya coal-processing plant (Novokuznetsk, Kemerovo region) is presented.

Ключевые слова: цифровизация, цифровой двойник, автоматизированный промышленный комплекс, SCADA-система, обучение оперативно-диспетчерского персонала.

Keywords: digitalization, digital twin, automated industrial complex, SCADA-system, training of operational dispatching personnel.

Развитие информационных технологий представляет возможность для совершенствования обучающих систем в части инструментальных средств формирования, передачи и представления информации. Вопросы же системной постановки задач обучения, алгоритмизации построения математических моделей всех компонентов систем управления (по модной ныне терминологии цифровых двойников), как правило, остаются «в тени».

Представляя процесс обучения тремя этапами: во-первых, освоение теоретических основ технологических и производственных процессов, подходов и методов управления; во-вторых, наблюдением за функционированием реальных систем управления; в-третьих, активной выработкой управляющих воздействий, необходимо отметить следующее. Уже на втором этапе недостаточно только инструментальных средств цифровизации. Необходимо решать вопросы выбора интервала дискретизации непрерывных нестационарных сигналов, выбора представительных фрагментов работы реальных систем, а в более общем случае и формирование таких фрагментов уже с привлечением математических зависимостей, методы и алгоритмы, построения которых представляют самостоятельную сложную научную проблему. Положительной стороной цифровизации на этом этапе является возможность получения, хранения, удаленной передачи и удобного представления данных. Наиболее сложный третий этап обучения, когда необходимо оценивать реакцию систем управления на управляющие воздействия обучаемого, а именно показатели состояния и выходные воздействия, как отдельных элементов, так и в целом системы управления. Для этих целей нужны адекватные математические модели систем управления, включая ее активные элементы (человека), или/и подобные физические системы управления (физические модели). Построение математических моделей представляет значительные трудности, так как фундаментальные физико-химические зависимости пригодны только для описания внутренних механизмов объектов управления, чаще всего в стационарных режимах, и совсем не затрагивают свойства воздействий. Традиционные статистические методы типа корреляционного, регрессионного анализов и ныне модных нейронных сетей не применимы «в чистом виде» для обработки данных, полученных в системах управления [1]. Нет в настоящее время и завершенной теории подобия систем управления. Следует также отметить, что любая математическая модель не может в полной мере отражать свойства объекта [2], поэтому надо осторожно применять термин «цифровой двойник», а модель объекта в системе управления без фиксации управляющей части построить принципиально невозможно [3]. Без уверенности в наличии «хороших» моделей нельзя быть уверенным в пользе обучения. Возможен и отрицательный эффект. Исходя из изложенных соображений, можно заключить, что наибольшие сложности и основные интеллектуальные и временные затраты относятся к построению моделей, а доля цифровизации в пропагандируемом варианте совсем незначительна.

Для построения обучающих систем (ранее тренажеров) в образовательных учреждениях и научных центрах необходимо создавать системы оперативного получения данных с действующих систем управления. Такая система создана в ООО «Научно-исследовательский центр управления» (г. Новокузнецк) и используется не только для обучения, но и для испытания и наладки средств и систем автоматизации управления на предприятиях угольной отрасли (рис. 1) [4, 5].

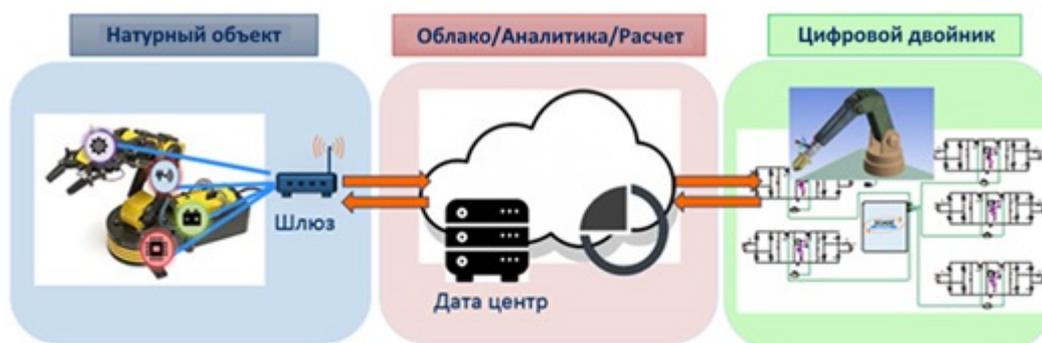


Рисунок 1. Система оперативного получения данных с действующих систем управления, реализованная на базе ООО «Научно-исследовательский центр управления»

Простым примером может служить обучение операторов автоматизированного промышленного комплекса погрузки концентрата углеобогащательной фабрики «Антоновская» (г. Новокузнецк Кемеровской обл.) [6].

При обучении операторов погрузки для взаимодействия с цифровым двойником был использован интерфейс, максимально близко повторяющий операторский интерфейс SCADA-системы, с помощью которого производится управление погрузкой концентрата на углеобогащательной фабрике «Антоновская» (рис. 2).

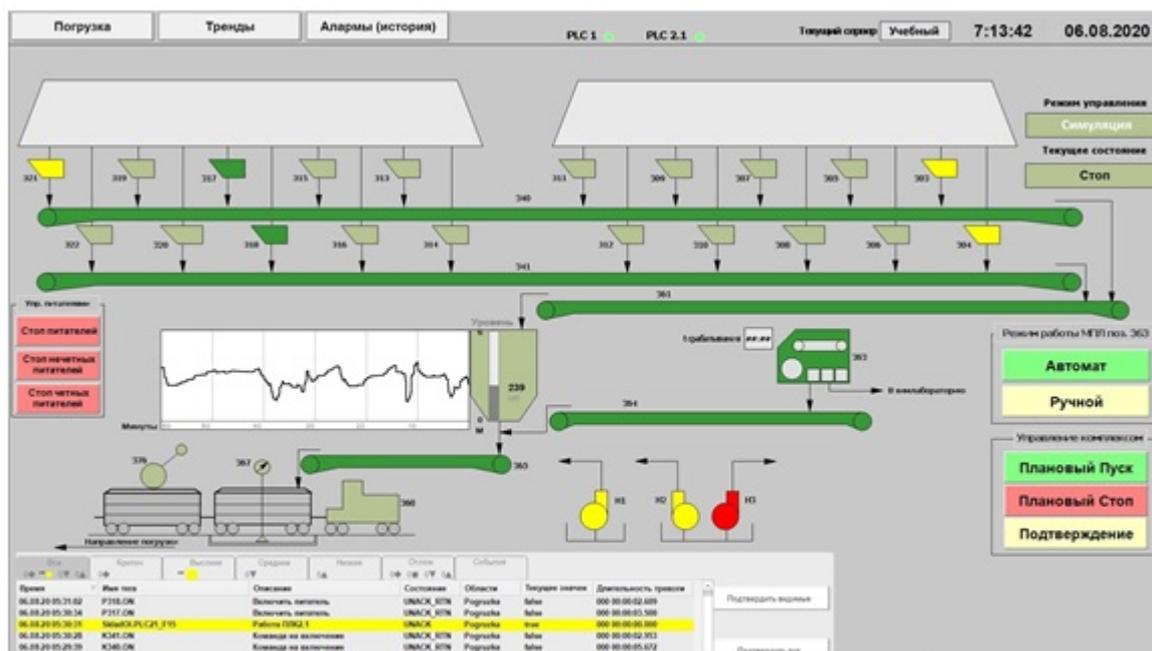


Рисунок 2. Интерфейс цифрового двойника комплекса погрузки концентрата обогатительной фабрики «Антоновская»

На первом, подготовительном этапе обучения операторы с помощью цифрового двойника знакомятся с интерфейсом SCADA-системы, отрабатывают на модели типовые задачи и ситуации, которые могут возникнуть в процессе работы комплекса, например, реализуют процедуру планового запуска/останова комплекса в различных режимах управления – режим «Автомат», режим «Дистанция», режим «Местный».

На втором, основном этапе обучения помимо штатных ситуаций на цифровом двойнике моделируются различные внештатные (аварийные) ситуации – сход ленты конвейера, переполнение бункера, отказы технологического оборудования и т.п.

Таким образом, операторы комплекса погрузки имеют возможность отработать свои действия при наступлении различных ситуаций на цифровом двойнике и быть готовыми к их появлению на натурном объекте.

Такой вариант обучения с использованием цифрового двойника автоматизированного промышленного комплекса погрузки показал свою эффективность как для начинающих операторов погрузки, не имеющих практических навыков управления, так и для опытных операторов.

В качестве заключения можно отметить следующее. Обучающие системы, реализованные с применением цифровых двойников, необходимо создавать не только на базе образовательных учреждений и научных центров, но на промышленных предприятиях, в администрациях различного уровня в составе ситуационных центров [7, 8].

Список литературы

1. Емельянов, С. В. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления: монография [Текст]. / С. В. Емельянов и др. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2007. – 306 с.
2. Льюнг, Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. [Текст]. / Л. Льюнг, под ред. Я. З. Цыпкина. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 432 с.
3. Ротач, В. Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования [Текст]. / В. Я. Ротач. – Москва : Энергия, 1973. – 440 с.
4. Системы автоматизации на основе натурно-модельного подхода : Монография в 3-х т. Т. 2: Системы автоматизации производственного назначения [Текст]. / Л. П. Мышляев, А. А. Ивушкин, Е. И. Львова и др.; Под ред. Л. П. Мышляева. – Новосибирск : Наука, 2006. – 483 с.
5. Грачев, В. В. Исследование и наладка средств и систем автоматизации промышленных объектов с использованием испытательно-наладочных полигонов [Текст]. / В. В. Грачев, К. А. Ивушкин, А. В. Циряпкина, Л. П. Мышляев // Научное обозрение, 2015. – № 15. – С. 477-483.
6. Грачев, В. В. Модернизация верхнего уровня автоматизированной системы управления технологическими процессами обогатительной фабрики «Антоновская» с использованием пакета Wonderware System Platform 2017 [Текст]. / В. В. Грачев, А. В. Циряпкина, Л. П. Мышляев, Д. В. Иванов, А. Б. Цветков, С. В. Прокофьев, М. В. Шипунов. // Вестник Сибирского государственного индустриального университета, 2018. – № 4. – С. 46-51.
7. Мышляев, Л. П. Цифровизация и управление [Текст]. / Л. П. Мышляев, К. Г. Венгер, В. В. Грачев. // 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. – С. 29-31.

8. Грачев, В. В. Использование BIM-технологий при проектировании автоматизированных промышленных комплексов [Текст]. / В. В. Грачев, Л. П. Мышляев, Д. Е. Коровин, Г. А. Кулюшин. // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника в металлургической и горно-топливной отраслях: Труды Третьей Всероссийской научно-практической конференции. – Новокузнецк : СибГИУ, 2020. – С. 86-94.