

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ СТЕНДЫ КАК МОДЕЛИ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ДЛЯ ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

© 2022 О.В. Зеленко, Е.Ю. Климанова, Р.К. Нурғалиев

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань, Россия

Статья поступила в редакцию 23.11.2022

В статье приводятся аргументы в пользу внедрения современных информационных технологий при организации производства, в частности, в области подготовки специалистов в высших учебных заведениях на базе современных лабораторий, в которых лабораторные установки представляют собой «цифровые двойники» реальных предприятий. Специализированные лаборатории, выполняющие роль цифровых двойников реальных производств, представляют собой готовые решения для проведения лабораторного практикума при подготовке специалистов в области автоматизации производства. Они включают в себя лабораторные стенды, специализированное программное обеспечение, дополнительные приборы для исследовательской деятельности. То есть комплектация лабораторий часто ориентирована под конкретные задачи. Непосредственный показ работы реальных средств автоматизации повышает интерес студентов в получении новых актуальных знаний, приводит к повышению компетентности студентов в области проектирования, монтажа и обслуживания современных систем автоматического управления технологическими процессами. Приведено описание лабораторных комплексов, с описанием их функционала. Лаборатория АСУТП, открытая в ФГБОУ ВО «КНИТУ» совместно с компанией Yokogawa в 2011 году, включает: учебный класс с контрольно-измерительными приборами; учебный класс управляющих вычислительных систем; учебный класс с установками, имитирующими узлы учета тепла жидких и газообразных продуктов; учебный класс систем компьютерного моделирования химико-технологических процессов; научно-исследовательскую лабораторию. Оснащенность лаборатории позволяет проводить подготовку специалистов с ориентацией на конкретное промышленное предприятие и четко определенный технологический процесс, повышение квалификации для работников нефтегазоперерабатывающей отрасли, переподготовку специалистов, обслуживающих системы учета теплоносителей. Наличие мощного программного обеспечения позволяет проводить работы по оптимизации технологических процессов в части энергосбережения и снижения производственных затрат. При подготовке специалистов специализированные лаборатории как цифровые двойники технологических процессов могут дать незаменимые базовые знания для дальнейшей успешной работы в реальных условиях. Значимость лаборатории АСУТП заключается в подготовке практикоориентированных специалистов с высоким уровнем профессиональных знаний. Данный лабораторный комплекс в дальнейшем можно модернизировать под конкретные производственные задачи.

Ключевые слова: нефтегазохимический комплекс, цифровые двойники, вычислительный комплекс, промышленная безопасность, подготовке специалистов, автоматизация производства.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-6-97-102

ВВЕДЕНИЕ

Современные предприятия нефтегазохимического комплекса представляют собой комплекс сложных и опасных химических производств, которые включают множество физических и химических процессов. Эти процессы часто взаимосвязаны между собой. Продукт од-

ного процесса может являться исходным сырьем для последующих процессов. Любая ошибка и, соответственно, остановка или потеря контроля над технологическим процессом незамедлительно повлияет на все производство.

Нефтегазохимический комплекс Татарстана, понимая важность работы на перспективу, добился значительных достижений благодаря взаимодействию практики и науки, т.е. сотрудничеству с вузами. От такого сотрудничества пользу получают обе стороны: предприятия — новые разработки и подготовленных под конкретное производство специалистов, студенты — практику и полную погруженность в будущую профессию.

Целью исследования является изучение необходимости подготовки специалистов на базе лабораторных комплексов высших учебных заведений.

Зеленко Ольга Вячеславовна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации. E-mail: o.v.zelenko@gmail.com
Климанова Елена Юрьевна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем сбора и обработки информации. E-mail: klimanovs178@gmail.com
Нурғалиев Рустам Карлович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматизации и управления технологическими процессами. E-mail: nurgaliev@gmail.com

Не всегда есть возможность уже на предприятии во время производственной практики студентов уделить внимание предварительной теоретической подготовке и выделить достаточно времени на практическую работу. Почти во всех вузах из-за изменения учебных программ подготовки сократилась длительность технологической и преддипломной практик. В настоящее время преддипломная практика длится всего 2-3 недели, когда раньше студенты имели возможность собирать материал для диплома около полугода. Хорошо, если студенты проходят преддипломную практику в тех же подразделениях, что и производственную - это позволяет более детально изучить сложные технологические процессы производства. Однако, не всегда так бывает.

Поэтому, частичная подготовка специалистов в современных лабораториях, где лабораторные установки представляют собой «цифровые двойники» реальных предприятий, является выходом из существующего положения.

На промышленном производстве, тем более на опасном, не так просто провести тестирование нововведений. Поэтому и здесь на помощь приходят цифровые двойники.

Цифровые двойники - это виртуальные копии объектов или процессов, выполненные с определенной точностью и соответствующим функционалом. Их основная задача - предложить решение, которое приведет к производству максимального объема продукции соответствующего качества. Большое значение имеет не только производство максимального объема качественной продукции, но и минимизация затрат энергоресурсов на сам процесс производства, уменьшение объема побочной продукции, минимизация износа оборудования и влияния на окружающую среду.

Для разрешения этой проблемы используются цифровые двойники, которые являются виртуальными копиями технологического процесса и разработаны с использованием специализированного оборудования и программного обеспечения. Они позволяют в самом начале выбрать лучшие параметры технологического процесса, а во время работы помогают операторам максимально эффективно отслеживать изменяющиеся факторы.

Специализированные лаборатории, выполняющие роль цифровых двойников реальных производств, представляют собой готовые решения для проведения лабораторного практикума при подготовке специалистов в области автоматизации производства. Лаборатории включают в себя лабораторные стенды, специализированное программное обеспечение, дополнительные приборы для исследовательской деятельности. То есть комплектация лабораторий часто ориентирована под конкретные задачи.

Обучающиеся - магистранты, студенты, аспиранты - имеют возможность заниматься на лабораторных стендах максимально приближенных к реальным объектам, и многие темы научных работ имеют прикладное значение и связаны с интересами нефтепромышленного комплекса.

Основанная в 1915 году компания Yokogawa активно работает в направлении промышленной автоматизации и предлагает важные продукты, услуги и решения предприятиям различных перерабатывающих отраслей.

Совместное с компанией Yokogawa открытие в 2011 году лаборатории АСУТП (Автоматизации и систем управления технологическими процессами) в ФГБОУ ВО «КНИТУ» привело к активизации учебной и научно-исследовательской деятельности преподавателей и студентов.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Лаборатория АСУТП включает: учебный класс с контрольно-измерительными приборами; учебный класс управляющих вычислительных систем; учебный класс с установками, имитирующими узлы учета тепла жидких и газообразных продуктов; учебный класс систем компьютерного моделирования химико-технологических процессов; научно-исследовательскую лабораторию.

Управляющий вычислительный комплекс и учебный контрольно-управляющий комплекс реализованы на основе программно-технического комплекса CENTUM VP и ProSafe-RS фирмы Yokogawa. В его состав входят: станции управления (FCS), включающие в себя блок контроллера с резервированием и модулями ввода-вывода и операторская станция (HIS) на базе промышленного персонального компьютера с соответствующим программным обеспечением.

Например, лабораторный стенд имитатор теплового узла (рис. 1) это цифровой двойник реального объекта, который имитирует работу системы учета тепла заводского цеха или в жилищно-коммунальном хозяйстве, хотя и с ограниченным функционалом. Изучение цифрового двойника узла учета тепла позволит освоить не только выбор оптимального способа его работы, но и корректировку показателей в зависимости от изменяющейся ситуации. Таким образом, цифровой двойник позволяет максимально изучить параметры, влияющие на изменение установившегося режима в системе, и при этом не нарушить обеспечение нагрева теплоносителя и поддержание его заданной температуры.

Для создания компьютерных тренажеров в лаборатории используется интегрированная среда для динамического моделирования OmegaLand. Она позволяет создавать виртуаль-



Рис. 1 – Лабораторный стенд учета тепла

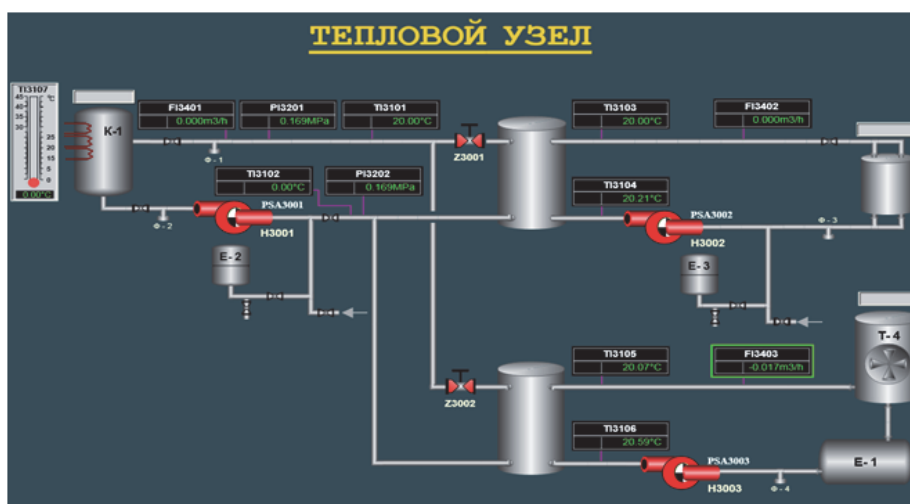


Рис. 2 – Мнемосхема стенда, имитирующего работу теплового узла

ные модели установок, которые можно использовать для изучения и проверки химических процессов, разработки новых процессов, а также для обучения операторов. Среда OmegaLand получила международное признание и стала мировым лидером продаж, благодаря своим возможностям точно моделировать работу установок на основе реальных данных технологических процессов. Скорость и качество принятых решений на основе создаваемых цифровых моделей позволит снизить вероятность появления аварийных ситуаций, и, соответственно, обеспечить непрерывность технологического процесса, а также снизить возможные затраты. [1-2]

Программное обеспечение компьютерного тренажера, рассмотренного в докторской диссертации Нургалиева Р.К., включает в себя динамическую модель технологической установки, автоматизированную систему управления технологическим процессом или его эмуляцию в среде моделирования. Работу завода в компьютерном тренажере имитирует модель, ко-

торая была разработана в программной среде OmegaLand с визуализацией интерфейса оператора в PCY (распределенная система управления) CENTUM VP.

Динамическая модель представляет собой системы дифференциальных уравнений, описывающих гидродинамические, массообменные, термодинамические, равновесные и другие процессы химической технологии. Динамическая модель настраивается на каждый технологический объект индивидуально, тем самым достигается адекватная имитация процессов, протекающих в аппаратах, в широком диапазоне изменения параметров технологического режима. Это позволяет моделировать различные технологические и аварийные ситуации.

На рисунке 3 представлена общая и детальная схемы замещения реального технологического процесса его математической моделью.

Разработанный тренажерный комплекс успешно применяется в учебном процессе в ФГБОУ ВО «КНИТУ» Института управления, ав-

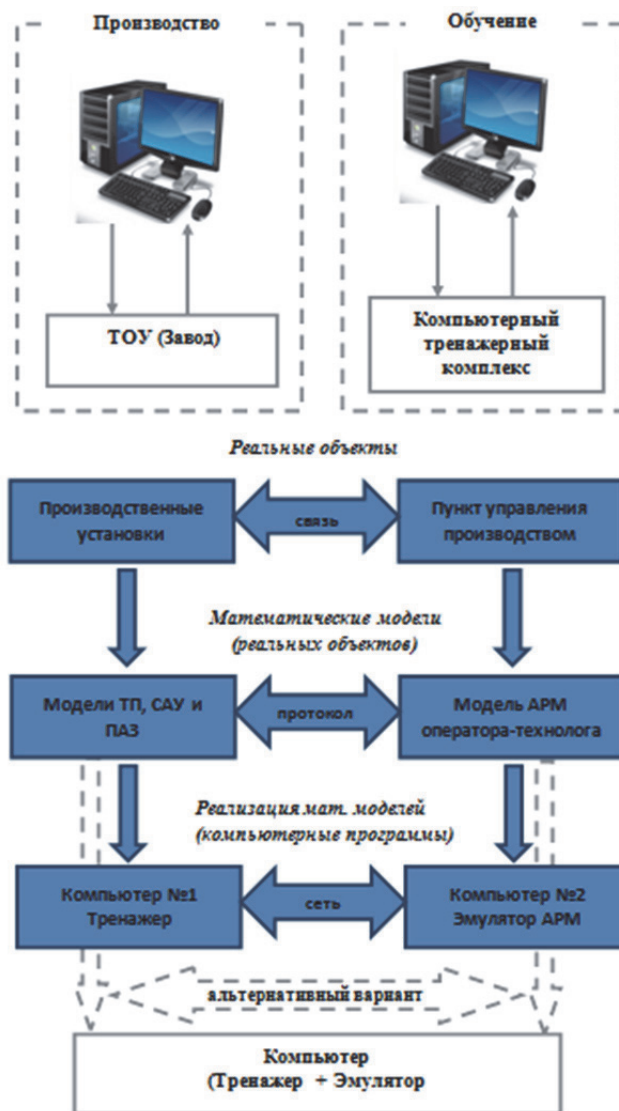


Рис. 3 – Общая и детальная схема замещения реального процесса математической моделью

томатизации и информационных технологий (ИУАИТ) при подготовке бакалавров и магистров по направлениям «Управление в технических системах», «Автоматизированные системы управления технологическими процессами» по курсам «Автоматизация технологических процессов и производств», «Системы автоматического управления», «Теория автоматического управления», «Технические средства автоматизации и управления», «Моделирование систем» и т.д., а также на курсах повышения квалификации для инженерно-технических работников. [3]

Между ФГБОУ ВО «КНИТУ» и федеральным государственным автономным образовательным учреждением дополнительного профессионального образования «Академия стандартизации, метрологии и сертификации» заключено соглашение о проведении курсов повышения квалификации с использованием программного и технического оснащения лаборатории АСУТП. Также институт дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «КНИ-

ТУ» проводит курсы повышения квалификации для специалистов ПАО «Газпром» в лаборатории АСУТП. Информация о количестве слушателей курсов повышения квалификации по годам, начиная с 2014 года, приведена в таблице 1.

Из сведений, приведенных в таблице 1, видно, что популярность курсов после 2014 года резко выросла и остается практически на том же уровне, что свидетельствует о заинтересованности слушателей в повышении квалификации именно на базе лаборатории АСУТП.

Разработанная имитационная модель цифрового предприятия в виде лабораторного комплекса основана на типовой системе управления цифровым предприятием («Пирамида управления»). Наличие такого комплекса позволит структурировать знания, получаемые студентами, обеспечить более полное понимание цифрового предприятия как единого целого.

Изучение различных дисциплин с привязкой к имитационной модели цифрового предприятия даст возможность компенсировать отсут-

Таблица 1 – Количество слушателей курсов повышения квалификации

№ п/п	Год проведения	Количество слушателей	Примечание
1	2014	30	
2	2015	88	
3	2016	90	
4	2017	105	
5	2018	118	
6	2019	107	
7	2020	-	Covid
8	2021	86	
9	2022	52	по май 2022 г.

ствии полноценной заводской практики у студентов. Наличие хороших междисциплинарных связей, основанных на практических (лабораторных) работах на едином программно-аппаратном комплексе, позволит получать студентам практические навыки и компетенции.

На рисунке 4 (а) представлена модель подготовки специалистов для предприятий концепции Индустрии 3.0. Модель сформирована на основе типовой системы управления производством («Пирамида управления») с привязкой уровней управления к учебным планам, реализуемым на кафедрах института управления, автоматизации и информационных технологий. Лаборатории как правило реализуют занятия, связанные с несколькими смежными уровнями «Пирамиды управления». Современное цифровое предприятие, концепции Индустрии 4.0, предъявляет особые требования к навыкам и умениям специалистов.

Подготовка должна быть ориентирована на формирование понимания внутренних информационных и управленческих связей предприятия, т.е. понимания цифрового предприятия как единого целого. На рисунке 4 (б) представлена модель подготовки специалистов для предприятий концепции Индустрии 4.0. [3]

Изучению промышленной безопасности в лабораториях также уделяется большое внимание, так как безаварийная работа позволит повысить

все показатели производства, а также обеспечить безопасные условия работы персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практические занятия в специализированных лабораториях приводят к повышению компетентности студентов в области проектирования, монтажа и обслуживания современных систем автоматического управления технологическими процессами.

При подготовке специалистов специализированные лаборатории как цифровые двойники технологических процессов могут дать незаменимые базовые знания для дальнейшей успешной работы в реальных условиях.

Нужно все-таки отметить, что без производственной практики полностью обойтись не получится, т.к. практика студентов, организованная на производствах будущего трудоустройства выпускников, более эффективна в плане получения практических навыков.

Выпускники ИУАИТ ФГБОУ ВО «КНИТУ», получившие знания в лаборатории АСУТП и проходившие практику на таких предприятиях и организациях как ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Казаньоргсинтез», группа компаний «Таиф» и т.д. уже сейчас работают на постоянной основе в перечисленных организациях.

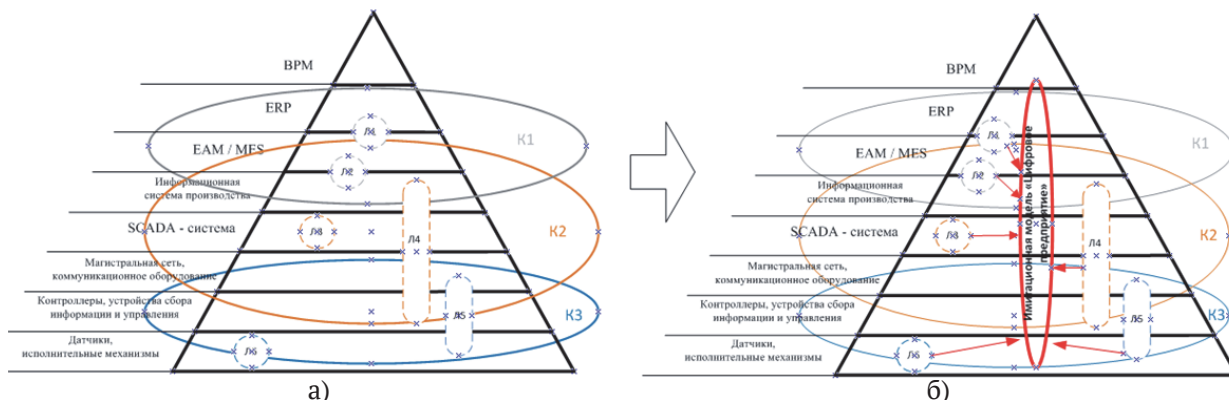


Рис. 4 – Структурно параметрическая модель подготовки кадрового обеспечения цифрового нефтехимического предприятия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Климанова Е.Ю.* Программируемая система безопасности PROSAFE-RS / Е.Ю. Климанова, М.Ю. Яковлева и др.// Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 17. – С. 207-209.
2. *Егоров А. А.* Интеллектуальные системы в нефтегазовой отрасли: иллюзии, реальность, практика /А. А. Егоров// Автоматизация в нефтегазовой области. –2014. – № 4.
3. *Нурғалиев Р.К.* Методология организации управления нефтехимическим предприятием на принципах Индустрии 4.0: дисс.....докт. техн. наук/Р.К. Нурғалиев – 05.02.22. – Казань, 2022. – URL: <https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=373320> (дата обращения 15.11.2022).

SPECIALIZED LABORATORY STANDS AS MODELS OF A PETROCHEMICAL ENTERPRISE FOR PRACTICE-ORIENTED TRAINING OF SPECIALISTS

© 2022 O.V. Zelenko, E.Yu. Klimanova, R.K. Nurgaliev

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

The article provides arguments in favor of the introduction of modern information technologies in the organization of production, in particular, in the field of training specialists in higher educational institutions based on modern laboratories, in which laboratory facilities are «digital twins» of real enterprises. Specialized laboratories that act as digital twins of real production facilities are ready-made solutions for conducting a laboratory workshop in the training of specialists in the field of industrial automation. They include laboratory stands, specialized software, additional devices for research activities. That is, the equipment of laboratories is often focused on specific tasks. Direct demonstration of the work of real automation tools increases the interest of students in obtaining new relevant knowledge, leads to an increase in students' competence in the field of design, installation and maintenance of modern automatic process control systems. The description of laboratory complexes is given, with a description of their functionality. The APCS laboratory, opened at KNRTU together with Yokogawa in 2011, includes: a classroom with instrumentation; training class of control computing systems; a classroom with installations simulating heat metering units for liquid and gaseous products; training class for computer simulation systems of chemical-technological processes; research laboratory. The equipment of the laboratory allows for the training of specialists with a focus on a specific industrial enterprise and a well-defined technological process, advanced training for workers in the oil and gas processing industry, and retraining of specialists servicing heat transfer metering systems. The availability of powerful software makes it possible to carry out work on optimizing technological processes in terms of energy saving and reducing production costs. When training specialists, specialized laboratories as digital twins of technological processes can provide indispensable basic knowledge for further successful work in real conditions. The significance of the APCS laboratory lies in the training of practice-oriented specialists with a high level of professional knowledge. These laboratory complex can be further upgraded for specific production tasks.

Keywords: petrochemical complex, digital twins, computer complex, industrial safety, training of specialists, production automation.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-6-97-102

REFERENCES

1. *Klimanova E.Yu.* Programmiruemaya sistema bezopasnosti PROSAFE-RS / E.Yu. Klimanova, M.YU. YAKovleva i dr.// Vestnik tekhnologicheskogo universiteta. – 2015. – Т. 18. – № 17. – s. 207-209.
2. *Egorov A. A.* Intellektual'nye sistemy v neftegazovoj otrasli: illyuzii, real'nost', praktika /А. А. Егоров// Avtomatizaciya v neftegazovoj oblasti. –2014. – № 4.
3. *Nurgaliev R.K.* Metodologiya organizacii upravleniya neftekhimicheskim predpriyatiem na principah Industrii 4.0: diss. dokt. tekhn. nauk / R.K. Nurgaliev – 05.02.22. – Kazan', 2022. – URL: <https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=373320> (data obrashcheniya 15.11.2022).

Olga Zelenko, Senior Lecturer, Department of Automated Systems for Collection and Processing of Information.

E-mail: o.v.zelenko@gmail.com

Elena Klimanova, Senior Lecturer, Department of Automated Information Collection and Processing Systems.

E-mail: klimanovsl78@gmail.com

Rustam Nurgaliev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Automation Systems and Process Control. E-mail: nurgaliev@gmail.com