

В. М. Мурzin, Э. В. Гарифуллина, А. В. Окружнов

ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОССИЙСКОЙ РАЗРАБОТКИ

Ключевые слова: проектирование, единое информационное пространство, системы автоматизированного проектирования, импортозамещение.

До недавнего времени на территории Российской Федерации при проектировании объектов нефтегазохимического комплекса преимущественно использовалось зарубежное программное обеспечение. В настоящее время в связи с уходом иностранных компаний интенсифицируется процесс перехода на отечественные системы автоматизированного проектирования как в профессиональной среде, так и в образовательном процессе. При этом параллельно с внедрением отечественного программного обеспечения встает вопрос о возможности и целесообразности использования в новых условиях теоретических наработок, сделанных за время использования программного обеспечения иностранных производителей, поскольку в силу ряда объективных причин они опирались на требования зарубежной нормативной документации. В данной статье проводится сравнение отечественной и зарубежной нормативной базы, применяемой при информационном моделировании объектов нефтегазохимического комплекса, которое позволило выявить некоторые проблемы, затрудняющие процесс перехода на отечественное программное обеспечение. Среди основных проблем можно выделить отсутствие подробного описания и требований к полным технологическим схемам, являющимся ближайшим аналогом зарубежных Piping and Instrumentation Diagram, а также отсутствие документации, регламентирующей принятие компоновочных решений. Анализируя состояние учебно-методической базы, используемой при разработке теоретического блока учебного курса «информационное моделирование», можно сделать следующие выводы: по «состоянию на текущее время» теоретический блок учебного курса «информационное моделирование», разработанный за время использования программного обеспечения иностранных производителей, можно включать в новые учебные планы подготовки специалистов различного уровня; учитывая подготовку на базе программных продуктов «CSoft Development» концепции «Единой системы информационного моделирования», необходимо начать формирование теоретической базы применения новых программных продуктов российской разработки на всех стадиях жизненного цикла промышленного объекта.

V. M. Murzin, E. V. Garifullina, A. V. Okruzhnov

FOUNDATIONS FOR THE FORMATION OF A UNIFIED INFORMATION SPACE USING RUSSIAN-DESIGNED SOFTWARE

Keywords: design, unified information space, computer-aided design systems, import substitution.

Until recently, foreign software was predominantly used in the design of oil, gas, and chemical complex facilities in the Russian Federation. Due to the departure of foreign companies, the transition process to domestic computer-aided design systems has been intensified both in the professional sphere and in the educational process. At the same time, along with the implementation of domestic software, the question arises about the possibility and desirability of using theoretical developments made during the use of foreign software in new conditions, since, for a number of objective reasons, they relied on the requirements of foreign regulatory documentation. This article compares the domestic and foreign regulatory framework used in the information modeling of oil, gas, and chemical facilities, which has identified some problems that impede the transition to domestic software. Among the main problems, there is a lack of a detailed description and requirements for full process flow diagrams, which are the closest analogue of foreign Piping and Instrumentation Diagrams. There is also a lack of documentation regulating the adoption of design decisions. Analyzing the current state of the teaching and methodological basis used in the development of the «Information Modeling» theoretical training course, we can draw the following conclusions: currently, the theoretical part of the «Information modeling» training course developed during the use of foreign software can be included in new curricula for training specialists of various levels. Given the preparation of «Unified Information Modeling System» concept on the basis of «CSoft Development» software products, it is necessary to start forming the theoretical basis for the application of new Russian-developed software products at all stages of the industrial facility life cycle.

В блоке дисциплин, которые можно обозначить общим термином «Информационное моделирование», после перехода на программное обеспечение российских производителей, интеллектуальные последовательно-логические схемы выполняются с применением программы «Model Studio CS Технологические схемы» [1], а для объемной компоновки производственных площадок используется программа «Model Studio CS Трубопроводы» [2]. После внедрения программного обеспечения Model Studio CS [3], разработки

компании «Сисофт Девелопмент» [4] практически все разделы блока учебных курсов «Информационное моделирование» стали усваиваться студентами намного успешнее, чем при использовании иностранного программного обеспечения. В первую очередь это касается освоения функционала программного обеспечения. Совершенствование качества учебного процесса обусловлено большим комплектом документации к программному обеспечению, поставляемой в комплекте с программами. Прилагаемая

документация содержит не только руководство пользователя и сопутствующие материалы, поясняющие функционал, реализованный в программном обеспечении. В комплекте с программами предоставляются учебные курсы, реализованные в форме презентаций. Учебные курсы, разработанные компанией «Сисофт Девелопмент», позволяют сформировать начальные компетенции пользователей программного обеспечения. Также вместе с программами поставляются базы данных, позволяющие более эффективно использовать аудиторную нагрузку преподавателя, чем при использовании программного обеспечения иностранных разработчиков. Поэтому появилась возможность часть материала, в котором изучается функционал программного обеспечения, перенести из аудиторной нагрузки в самостоятельную работу студента (СРС). Параллельно с внедрением программного обеспечения Model Studio CS встал вопрос о возможности (и целесообразности) использования в новых условиях теоретических наработок, сделанных за время использования программного обеспечения иностранных производителей.

При использовании зарубежного программного обеспечения учебный курс «Информационное моделирование», а также разделы курсовых и дипломных работ, основанные на использовании указанного учебного курса, условно можно было разделить на две части:

- создание технологических схем различной степени графической детализации и интеллектуальной насыщенности;

- 3D компоновка технологической установки.

Каждая из обозначенных частей учебного курса «Информационное моделирование», в свою очередь, дополнительно делится на две части: теоретическую и практическую. Если с внедрением программного обеспечения Model Studio CS освоение практической части учебного курса значительно облегчилось, то с формированием теоретической части возникли определенные проблемы. Для понимания возникших затруднений необходимо сделать некоторое отступление от основной траектории изложения материала.

Как известно, в нефедобывающую, нефтеперерабатывающую и нефтехимическую промышленность пришло большое количество иностранного капитала, а вместе с иностранным капиталом пришли иностранные технологии, иностранные технические решения, а также техническая и проектная документация, при разработке которой за основу бралась иностранная нормативная документация и иностранная техническая литература. Студентов, выезжающих на практику для ознакомления с производством и сбором материала для курсовых и дипломных работ, старались направлять на новые, технически и технологически передовые предприятия или на недавно запущенные производства, встроенные в производственные процессы предприятий, функционирующих длительное время. В

подавляющем большинстве случаев это были технологические установки, закупленные по импорту. Подобная политика распределения студентов на производственные практики на различных стадиях обучения, с одной стороны, позволяла ознакомиться с современным уровнем развития науки и производства стран технологических лидеров, расположенных по обе стороны Атлантического океана, что, несомненно, являлось положительной компонентой при реализации учебных планов подготовки бакалавров и магистров. С другой стороны, во многих случаях студенты привозили с практики проектную и техническую документацию, на основании которой строились технологические установки, а впоследствии разрабатывалась эксплуатационная документация, выполненная на английском языке. К тому же, что вполне естественно, при разработке инженерного оформления технологических процессов использовалась иностранная нормативная документация, а в некоторых случаях (достаточно часто) в документации, привезенной студентами с практики, использовать англосаксонская система измерений Imperial, что усложняло интерпретацию полученной информации.

В результате компиляции перечисленных выше объективных обстоятельств, по направлению «Информационное моделирование» сформировались учебные курсы, использующие программное обеспечение иностранных производителей, иностранную нормативную документацию и иностранную (англоязычную) учебно-методическую литературу. При этом, рассматривая специфику проектирования объектов нефедобычи, нефтепереработки и нефтехимии, необходимо учитывать, что при проведении работ по реконструкции и техническому перевооружению объектов, созданных на основе базовых проектов иностранных компаний, в большинстве случаев рекомендуется обеспечивать совместимость базовых проектов и проектов, выполняемых российскими организациями. Под совместимостью в данном случае понимается единство условных обозначений, стандартов оформления, комплектности документации по разделам проекта, а также соблюдения других требований, определяемых спецификой базового проекта.

Таким образом, в настоящее время перед учебным заведением стоит задача разработки учебных курсов, совмещающих технологии проектирования, заложенные в иностранной технической литературе и нормативной документации, а также требования российской нормативной документации, на выполнение которых ориентировано программное обеспечение компании «Сисофт Девелопмент». Задача кажется относительно простой, однако на данном отрезке времени реализовать ее можно только частично. Для обоснования этого утверждения приведем краткий сравнительный анализ иностранной нормативной документации, используемой для разработки технологических схем, и российской (или разработанной во времена Советского Союза, но

действующий по настоящее время) нормативной документации. Основу иностранной нормативной документации, используемой при оформлении технологических схем, составляют документы Международной организацией по стандартизации (ISO) [5], рекомендации, разработанные консорциумом Process Industry Practices (PIP) [6], требования к оформлению схем управления технологическими процессами, разработанные Американским национальным институтом стандартов (ANSI) [7] в кооперации с Международным обществом автоматизации (ISA) [8]:

- ISO 10628-1:2014, Diagrams for the chemical and petrochemical industry -- Part 1: Specification of diagrams [9];
- ISO 10628-2-2012, Diagrams for the chemical and petrochemical industry - Part 2: Graphical symbols [10];
- PIP PIE001 Process Flow Diagram Documentation Guidelines [11];
- PIP PIC001 Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria [12];
- ANSI/ISA-5.1-2022, Instrumentation Symbols and Identification [13];
- ISA-5.3-1983 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic, and Computer Systems [14].

В результате комплексного применения приведенных документов (и других документов аналогичного целеполагания) формируется единая система (нормативная база) разработки и оформления технологических схем.

В России в настоящее время нормативная база разработки технологических схем, как единое законодательно-информационное пространство, отсутствует. При разработке технологических схем проектные и инженерные организации пользуются комплектами ГОСТ, различными ведомственными и отраслевыми документами, в которых регламентируются отдельные стадии и этапы выполнения технологических схем, однако, предписания и рекомендации, изложенные в применяемых документах, не структурированы, и на их основе не сформулированы универсальные принципы разработки и оформления технологических схем.

Однако, при сравнительном анализе иностранной и действующей на территории России нормативной документации, можно провести аналогии, позволяющие унифицировать методики разработки технологических схем.

В стандарте [9] обозначены этапы разработки технологических схем и сформулированы требования к содержанию каждого из этапов. Всего выделено три основных этапа:

- Block Flow Diagram, BFD, Block Flowsheet, Block Diagram (блочная технологическая схема);
- Process Flow Diagram, PFD, Process Flowsheet, Flow Diagram (схема последовательности технологических операций, технологическая карта процесса);

- Piping and Instrument Diagram, P&ID, PID, Piping Flowsheet.

Для разработки технологических схем, кроме директивных документов ISO и разработанных на их основе национальных систем стандартизации, транснациональные корпорации предпочитают использовать рекомендации консорциума Process Industry Practices (PIP). Для разработки технологических схем уровня PFD системы стандартизации дополняются рекомендациями [11]. Стадия разработки P&ID выполняется с учетом рекомендаций [12]. Необходимо отметить, что рекомендации консорциума PIP схемы P&ID дополнительно делят на пять блоков:

- Process P&ID
- Utility P&ID
- Distribution or Interconnecting P&ID
- Auxiliary P&ID
- Packaged Unit or Skid P&ID

В Российской нормативной документации требования к этапам разработки и содержанию технологических схем сформулированы в ГОСТ Р 56639-2015 «Технологическое проектирование промышленных предприятий. Общие требования» [15]. В этом документе, также, как и в стандарте ISO, выделяется три этапа разработки технологических схем:

- блок-схемы производства
- технологические схемы
- полная технологическая схема

Если сопоставить требования к содержанию технологических схем стадий BFD и PFD, сформулированные в [9-14], и требования, сформулированные в [15] к стадиям «блок-схемы производства» и «технологические схемы», то выяснится, что основные требования, изложенные в нормативных документах [9-14] и [15], во многом совпадают. Единственным отличием, которое нельзя отнести к принципиальным, является то, что в ГОСТ требования изложены очень лаконично, в то время как в иностранной документации формулировки требований приводятся в гораздо более развернутой форме.

Возможность свободного толкования требований [15] возникает при реализации стадии «полная технологическая схема». Проблема заключается в том, что в [15] требования к технологической схеме, разработанной на этой стадии, практически полностью отсутствует, указывается только что «полная технологическая схема разрабатывается на стадии рабочей документации». На первый взгляд логично распространить требования, разработанные в иностранной документации для стадии P&ID, на стадию «полная технологическая схема». Если рассматривать подобную аналогию локально, то она вполне реализуема. Российская система стандартизации для обозначения функциональности элементов системы управления предписывает использовать символические обозначения, приведенные в [16]. Основные символические обозначения измеряемых величин и функциональных признаков приборов, приведенные в таблице 2 [16], аналогичны информации,

приведенной в Table 4.1 «Identification letters» [13]. Однако, оформление листов технологической схемы, содержащих системы управления технологическими процессами, приведенные в [11 - 14], существенно отличаются от рекомендаций, приведенных в ГОСТ 21.408-2013 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [17]. При этом следует отметить, что расхождения в требованиях к оформлению листов технологической схемы существенны только на финальной стадии оформления проектной документации, которая относится к зоне ответственности специалистов по автоматизации. Разработчики технологических процессов обозначают на схемах, разрабатываемых соответствии с [15], только точки контроля параметров производственного процесса и обозначают контуры регулирования. Затем специалисты, разрабатывающие технологический процесс, формируют задание на разработку системы управления, на основании которого специалисты профильных структурных подразделений проектной организации завершают разработку технологической схемы, внося изменения, относящиеся к размещению приборов полевого КИП и А, а также системы АСУ ТП.

Таким образом, из изложенного выше можно сделать вывод, что при переходе от программного обеспечения иностранных производителей на программное обеспечение «Model Studio CS Технологические схемы» реализация стадии «технологические схемы» [15] или аналогичной стадии, именуемой в иностранных стандартах «Process Flow Diagram» затруднений не вызовет. Возможность реализации стадии «полная технологическая схема» [15] на момент публикации данного материала, остается неясной, поскольку требования к этой стадии в [15] практически отсутствуют. При этом, выполнение технологических схем, на стадии Piping and Instrumentation Diagram по требованиям иностранной нормативной документации при использовании программного обеспечения «Model Studio CS Технологические схемы» вызовет определенные технические сложности, связанные с необходимостью доработки инструментария, имеющегося в базовой версии указанной программы.

Из изложенного выше сравнительного анализа можно сделать вывод, что использование комплекта нормативной документации, в который включены нормативные документы иностранной разработки, а также стандарты, входящие в зону ответственности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, позволяет сформировать логически завершенный раздел учебного курса «Информационное моделирование», формирующий компетенции, необходимые для разработки интеллектуальных последовательностехнологических схем.

Разработка теоретического раздела учебного курса, ориентированного на использование программы «Model Studio CS Трубопроводы» (3D компоновка технологической установки) производится с принципиально иных стартовых позиций, чем разработка раздела учебного курса,

реализация которого определяется функционалом программы «Model Studio CS Технологические схемы». Кардинальное отличие состоит в том, что документы, регламентирующие принятие компоновочных решений, если не учитывать предписания, обеспечивающие безопасное проведение технологического процесса (противопожарные нормы, мероприятия по проведению ГО и ЧС или иные близкие по целеполаганию нормативы), полностью отсутствуют. Также практически полностью отсутствует учебно-методическая литература на русском языке, в которой рассматривается общая методология принятия решений, обеспечивающих оптимальную компоновку основного и вспомогательного оборудования, а также элементов трубопроводный обвязки, с учетом размещения на производственной площадке всех компонентов (строительные конструкции, трубопроводные и кабельные эстакады, лестницы и площадки обслуживания, а также иные инфраструктурные элементы), необходимые для обеспечения проведения технологического процесса.

На основании анализа иностранной литературы, посвященной обозначенной тематике [18-28], можно сделать вывод, что детализированные универсальные правила принятия компоновочных решений можно сформулировать только на уровне блоков компонентов технологических установок, обеспечивающих функционирование типовых технологических аппаратов или инфраструктурных конструкций. К аппаратам и инфраструктурным сооружениям, на основе которых можно создать блоки типовой компоновки, авторы [18-28] относят:

- емкостное оборудование с цилиндрической обечайкой;
- насосное оборудование;
- компрессорное (вакуумное) оборудование;
- теплообменные аппараты;
- печи различного целевого назначения;
- реакторы;
- колонные аппараты;
- резервуары большой единичной емкости;
- полевые элементы систем управления технологического процесса;
- трубопроводные и кабельные эстакады.

К общим рекомендациям, которые следует учитывать при размещении на производственных площадках архитектурных, технологических и инфраструктурных элементов, можно отнести [27]:

- учет последовательности реализации стадий производственного процесса при размещении типовых компоновочных блоков, которые формируются на основании анализа технологических схем (от начала технологической схемы к завершающей стадии процесса);
- обеспечение минимальной протяженности технологических и сервисных трубопроводов;
- обеспечение доступности к элементам технологической установки, а также резервирование необходимых площадей и

- объемов для проведения эксплуатационных, ремонтных и сервисных работ;
- приоритетность транспортировки газообразных веществ за счет перепада давления, а жидких веществ за счет перепада высот.

Все приведенные выше рекомендации, сформулированные в иностранной технической литературе, можно реализовать с использованием программного обеспечения «Model Studio CS Трубопроводы». При этом следует отметить, что поскольку в состав программ Model Studio CS включаются базы данных 3D элементов, эскизная компоновка инженерного оформления технологического процесса значительно упрощается (требует значительно меньшего времени и снижает требования к квалификации исполнителей).

Таким образом, анализируя состояние учебно-методической базы, используемой при разработке теоретического блока учебного курса «информационное моделирование», можно сделать следующие выводы:

- по «состоянию на текущее время» теоретический блок учебного курса «информационное моделирование», разработанный за время использования программного обеспечения иностранных производителей, можно включать в новые учебные планы подготовки специалистов различного уровня;
- учитывая подготовку на базе программных продуктов «Сисофт Девелопмент» концепции «Единой системы информационного моделирования» [29], необходимо начать формирование теоретической базы применения новых программных продуктов российской разработки на всех стадиях жизненного цикла промышленного актива.

Реперную точку формирования новой образовательной траектории можно проиллюстрировать цитатой одного из руководителей команды разработчиков программного обеспечения «Сисофт Девелопмент», которое будет положено в основу ИТ комплексов, обеспечивающих информационную поддержку эксплуатации нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий [30]: «При разработке программного продукта для моделирования химико-технологических процессов самым сложным будет не формирование коллектива программистов, а сбор команды предметных экспертов: химиков, технологов, специалистов по термодинамике, математиков, специалистов по теплообмену. Этую команду должны объединять специалисты, которые обладают мультидисциплинарными компетенциями. Это химики по образованию и по духу, которые также являются математиками и умеют говорить на междисциплинарном языке. Они способны оценить мысль химика и поставить четкую задачу математику».

Дополним эту мысль предположением, что специалисты с мультидисциплинарными

(междисциплинарными) компетенциями, способные с одной стороны эксплуатировать уже разработанное программное обеспечение, ориентированное на информационную поддержку эксплуатации технологических установок с разветвленной сетью трубопроводов, а с другой стороны обладающие достаточным уровнем компетенций, чтобы поддерживать обратную связь, в ближайшее время потребуются для заполнения новых вакансий не только в ИТ компаниях, но и в проектных и инжиниринговых компаниях, а также в структурных подразделениях промышленных предприятий, специализирующихся на цифровизации производственных процессов.

Литература

1. Официальный сайт САПР Model Studio CS Технологические схемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.csoft.ru/soft/modelstudios-schemes/modelstudios-schemes-3.html> / (Дата обращения 20.02.2024)
2. Официальный сайт САПР Model Studio CS Трубопроводы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.csoft.ru/soft/modelstudios-piping/modelstudios-piping-3.html> / (Дата обращения 20.02.2024)
3. Официальный сайт САПР Model Studio CS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://modelstudios.ru/> / (Дата обращения 20.02.2024)
4. Официальный сайт CSof Development [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://csdev.ru/> / (Дата обращения 20.02.2024)
5. Официальный сайт ISO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iso.org/> / (Дата обращения 20.02.2024)
6. Официальный сайт PIP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pip.org/> / (Дата обращения 20.02.2024)
7. Официальный сайт ANSI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ansi.org/> / (Дата обращения 20.02.2024)
8. Официальный сайт ISA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.isa.org/> / (Дата обращения 20.02.2024)
9. ISO 10628-1:2014, Diagrams for the chemical and petrochemical industry - Part 1: Specification of diagrams, Дата опубликования 17.09.2014, Количество страниц оригинала 22.
10. ISO 10628-2-2012, Diagrams for the chemical and petrochemical industry - Part 2: Graphical symbols Дата опубликования 01.04.2012, Количество страниц оригинала 55.
11. PIP PIE001 Process Flow Diagram Documentation Guidelines
12. PIP PIC001 Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria.
13. ANSI/ISA-5.1-2022, Instrumentation Symbols and Identification; Copyright 2022
14. ISA-5.3-1983 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic, and Computer Systems
15. ГОСТ Р 56639-2015, Технологическое проектирование промышленных предприятий, Общие требования. Разработан Обществом с ограниченной ответственностью «Инвар-проект» (ООО «Инвар-проект») при участии Открытого акционерного общества «Научно-исследовательский центр контроля и

- диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») Москва, Российский институт стандартизации, 2023.
16. ГОСТ 21.208–2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах»
17. ГОСТ 21.408–2013 «Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»
18. Ernest E. Ludwig, Applied process design for chemical and petrochemical plants. Volume 1. Gulf Professional Publishing, Houston, TX, 1999. 646 p.
19. Coker. Applied process design for chemical and petrochemical plants / Coker A. Kayode, Ludwig's. - Gulf Professional Publishing, Volume 1, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK, 2001. - 1023 p.
20. Richard Turton, et al. Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. - Pearson Education, Inc., New Jersey, 2013, 1017 p.
21. Seán Moran. An applied guide to process and plant design. - Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA, 2015. - 390 p.
22. Seán Moran, Process Plant Layout, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB. United Kingdom 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States, Copyright © 2017 Elsevier Inc.
23. Seán Moran. An Applied Guide to Process and Plant Design, Second Edition, Elsevier, Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, United Kingdom, 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States Copyright © 2019 Elsevier Inc.
24. Geoff Barker IEng., MEI. The Engineer's Guide to Plant Layout and Piping Design for the Oil and Gas Industries, Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB. United Kingdom, © 2018 Elsevier Inc. All rights reserved.
25. James R. Couper W. Roy Penney James R. Fair Stanley M. Walas, Chemical Process Equipment Selection and Design, Second Edition, Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA Linacrc House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK Copyright © 2005, Elsevier Inc.
26. Coulson & Richardson's, Chemical engineering, Volume 6, Fourth edition, Elsevier Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 30 Corporate Drive, MA 01803, Copyright © 1993, 1996, 1999, 2005 R. K. Sinnott.
27. Ed. Bausbacher, Roger Hunt, Process plant layout and piping design, © 1993 by PTR Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632
28. Gavin Towler, Ray Sinnott, Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, Second Edition, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB. UK 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA, © 2013 Elsevier Ltd.
29. ГОСТ Р 10.00.00.00-2023. Единая система информационного моделирования. Основные положения. Москва, Российский институт стандартизации, 2023
30. Александр Зуйков. Industries Platform Refinery - отечественная программа для ресурсного планирования и оптимизации предприятий нефтегазовой отрасли. CADMASTER, №2, 2022.

References

1. Official website of CAD Model Studio CS Technological Schemes [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.csoft.ru/soft/modelstudios-schemes/modelstudios-schemes-3.html> / (Date of access: 20.02.2024)
2. Official website of CAD Model Studio CS Pipelines [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.csoft.ru/soft/modelstudios-piping/modelstudios-piping-3.html> / (Date of access: 20.02.2024)
3. Official website of CAD Model Studio CS [Electronic resource]. – Access mode: <https://modelstudios.ru> / (Date of access: 20.02.2024)
4. Official website of CSoft Development [Electronic resource]. – Access mode: <https://csdev.ru> / (Date of access: 20.02.2024)
5. Official website of ISO [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.iso.org> / (Date of access: 20.02.2024)
6. Official website of PIP [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.pip.org> / (Date of access: 20.02.2024)
7. Official website of ANSI [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.ansi.org> / (Date of access: 20.02.2024)
8. Official ISA website [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.isa.org> / (Date of access: 20.02.2024)
9. ISO 10628-1:2014, Diagrams for the chemical and petrochemical industry - Part 1: Specification of diagrams, Publication date 17.09.2014, Number of pages in the original 22.
10. ISO 10628-2-2012, Diagrams for the chemical and petrochemical industry - Part 2: Graphical symbols Publication date 01.04.2012, Number of pages in the original 55.
11. PIP PIE001 Process Flow Diagram Documentation Guidelines
12. PIP PIC001 Piping and Instrumentation Diagram Documentation Criteria.
13. ANSI/ISA-5.1-2022, Instrumentation Symbols and Identification; Copyright 2022
14. ISA-5.3-1983 Graphic Symbols for Distributed Control/Shared Display Instrumentation, Logic, and Computer Systems
15. GOST R 56639-2015, Technological Design of Industrial Enterprises, General requirements. Developed by Invars Project Limited Liability Company (Invars Project LLC) with the participation of the Open Joint Stock Company Scientific Research Center for Control and Diagnostics of Technical Systems (JSC SRC CD) Moscow, Russian Institute for Standardization, 2023.
16. GOST 21.208–2013 “Automation of technological processes. Symbols for devices and automation equipment in diagrams”
17. GOST 21.408–2013 “Rules for the preparation of working documentation for the automation of technological processes”
18. Ernest E. Ludwig, Applied process design for chemical and petrochemical plants. Volume 1. Gulf Professional Publishing, Houston, TX, 1999. 646 p.
19. Coker. Applied process design for chemical and petrochemical plants / Coker A. Kayode, Ludwig's. - Gulf Professional Publishing, Volume 1, USA Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK, 2001. - 1023 p.
20. Richard Turton, et al. Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. - Pearson Education, Inc., New Jersey, 2013, 1017 p.
21. Seán Moran. An applied guide to process and plant design. - Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB,

- UK 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA, 2015. - 390 p.
22. Seán Moran, Process Plant Layout, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB. United Kingdom 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States, Copyright © 2017 Elsevier Inc.
23. Seán Moran. An Applied Guide to Process and Plant Design, Second Edition, Elsevier, Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, United Kingdom, 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States Copyright © 2019 Elsevier Inc.
24. Geoff Barker IEng., MEI. The Engineer's Guide to Plant Layout and Piping Design for the Oil and Gas Industries, Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier, 50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB. United Kingdom, © 2018 Elsevier Inc. All rights reserved.
25. James R. Couper W. Roy Penney James R. Fair Stanley M. Walas, Chemical Process Equipment Selection and Design, Second Edition, Gulf Professional Publishing is an imprint of Elsevier 30 Corporate Drive, Suite 400, Burlington, MA 01803, USA Linacrc House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK Copyright © 2005, Elsevier Inc.
26. Coulson & Richardson's, Chemical engineering, Volume 6, Fourth edition, Elsevier Butterworth-Heinemann Linacrc House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, 30 Corporate Drive, MA 01803, Copyright © 1993, 1996, 1999, 2005 R. K. Sinnott.
27. Ed. Bausbacher, Roger Hunt, Process plant layout and piping design, © 1993 by PTR Prentice-Hall, Inc. A Simon & Schuster Company Englewood Cliffs, New Jersey 07632
28. Gavin Towler, Ray Sinnott, Chemical Engineering Design Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, Second Edition, Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford, OX5 1GB. UK 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA, © 2013 Elsevier Ltd.
29. GOST R 10.00.00.00-2023. Unified Information Modeling System. Basic Provisions. Moscow, Russian Institute for Standardization, 2023
30. Alexander Zuykov. Industries Platform Refinery - a domestic program for resource planning and optimization of oil and gas industry enterprises. CADMASTER, No. 2, 2022.

© **В. М. Мурzin** – к.т.н., доцент каф. Химической технологии переработки нефти и газа (ХТИНГ), Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), Казань, Россия, murzinvm@gmail.com; **Э. В. Гарифуллина** – к.т.н., доцент каф. ХТИНГ, КНИТУ, garifullinaev@fnnh.ru; **А. В. Окружнов** – ассистент каф. ХТИНГ, КНИТУ, okruzhnovav@fnnh.ru.

© **V. M. Murzin** – PhD (Technical Sci.), Associate Professor, department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing (CTOGP), Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia, murzinvm@gmail.com; **E. V. Garifullina** – PhD (Technical Sci.), Associate Professor, the CTOGP department, KNRTU, garifullinaev@fnnh.ru; **A. V. Okruzhnov** – Assistant of the CTOGP department, KNRTU, okruzhnovav@fnnh.ru.

Дата поступления рукописи в редакцию – 05.07.25.

Дата принятия рукописи в печать – 24.08.25.