

УДК 338.364

V.A.Balukova, A.V.Osipenko,
I.A.Sadchikov

EMPIRICAL ANALYSIS OF RUSSIAN REFINERIES DESIGN PROCESS DIGITAL TRANSFORMATION

The article formulates an understanding of the significance of the design process for the sustainable development of domestic oil refineries, considers digitalization tools in design, and makes an empirical analysis of the digital transformation of the processes of designing hydrocarbon processing facilities. The author's vision of the evolution of digital transformation in modeling the design processes and the use of digital technologies is presented. A comparison of the processes of automation and digital transformation in design is given, the advantages and problems of changes in the design of oil refineries, due to the spread of automation of business processes, are identified. The characteristic manifestations and features of these changes are shown, as well as the impact of improving the design processes on the level of quality of design and estimate documentation of oil refineries.

There have been identified the trends in the development of digital transformation processes in the context of the progress of the multidimensional design format and the large-scale use of the spatial representation of the designed object by means of 3D modeling, the emergence of the need to plan the phased implementation of oil refineries projects and their presentation in time (4D) and the transition to a new level of the 5D format. The primary tasks for the further implementation of digital transformation processes in the design of oil refineries are formulated.

Keywords: digital transformation, design

В.А.Балукова¹, А.В.Осипенко²,
И.А.Садчиков³

ЭМПИРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РОССИЙСКИХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье сформулировано понимание значимости процесса проектирования для устойчивого развития отечественных нефтеперерабатывающих предприятий (НПП), рассмотрены инструменты цифровизации в проектировании, произведён эмпирический анализ цифровой трансформации процессов проектирования объектов переработки углеводородов.

Представлено авторское видение эволюции цифровой трансформации в моделировании процессов проектирования и использования цифровых технологий. Приведено сравнение процессов автоматизации и цифровой трансформации в проектировании, выявлены преимущества и проблемы изменений в проектировании НПП, обусловленные распространением автоматизации бизнес-процессов. Показаны характерные проявления и особенности этих изменений, а также влияние совершенствования процессов проектирования на уровень качества проектно-сметной документации НПП.

Выявлены тенденции развития процессов цифровой трансформации в условиях прогресса многомерного формата проектирования и широкомасштабного применения пространственного представления проектируемого объекта средствами 3D-моделирования, появления необходимости планирования поэтапной реализации проектов НПП и их представления во времени (4D) и перехода на новый уровень формата 5D.

¹ Балукова В.А., профессор кафедры Экономики и управления предприятиями и производственными комплексами, доктор экономических наук, профессор; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный экономический университет", г. Санкт-Петербург

Balukova V.A., Professor of the Department of Economics and Management of Enterprises and Industrial Complexes, Doctor of Economics, Professor; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint-Petersburg State University of Economics", Saint-Petersburg
E-mail: balukova_v_a@mail.ru

² Осипенко А.В., гл. специалист ООО "Ленгипронфтехим", г. Санкт-Петербург
Osipenko A.V., Chief Specialist, LLC "LENGIPRONTECHIM", Saint-Petersburg
E-mail: osipenko.spb@gmail.com

³ Садчиков И.А., профессор кафедры управления организациями, доктор экономических наук, профессор; Балтийский государственный технический университет "ВОЕНМЕХ" имени Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург
Sadchikov I.A., Professor of the Department of Management of Organisations, Doctor of Economics, Professor; Baltic State Technical University "VOENMECH" named after D.F. Ustinov, Saint-Petersburg
E-mail: sadchikov_home@mail.ru

process, design and estimate documentation, refineries.

Сформулированы первостепенные задачи дальнейшей реализации процессов цифровой трансформации в проектировании НПП.

Ключевые слова: цифровая трансформация, процессы проектирования, проектно-сметная документация, нефтеперерабатывающие предприятия.

DOI: 10.36807/2411-7269-2023-1-32-71-76

Российские нефтеперерабатывающие предприятия (далее – НПП) представляют собой многопрофильные высокотехнологичные производства, осуществляющие квалифицированную переработку углеводородов и обеспечивающие потребителей разнообразными нефтепродуктами. В современной технической политике НПП приоритетами их устойчивого развития остаются задачи совершенствования процессов избавления от зависимости применения импортных технологий, прежде всего, программного обеспечения, модернизации и технического перевооружения неэффективных мощностей для целей повышения качества продукции, стабильности топливного рынка и насыщения моторным топливом, в первую очередь, внутреннего потребления [1]. В этой связи чрезвычайно важными становятся проблемы совершенствования процессов проектирования, обеспечивающие комплексную разработку предпроектной, проектной, рабочей, конструкторской и другой технической документации, предназначенной для осуществления капитального строительства и эксплуатации [2]. Проектирование нефтеперерабатывающих установок осуществляется на основе комплексного подхода и требует обработки значительного объема информации, так как существует необходимость интеграции проектируемых химических процессов в общий товарный баланс всего нефтеперерабатывающего завода.

Совершенствование процессов проектирования до недавнего времени осуществлялось посредством различных подходов к автоматизации. Появление в конце 1940-х, начале 1950-х гг. электронных вычислительных машин (далее – ЭВМ) явилось началом автоматизации проектных работ [3]. Сегодня аббревиатура САПР – системы автоматизации проектных работ – это неотъемлемая часть любого процесса проектирования.

Хронология процессов развития автоматизации проектных работ представлена на Рис. 1.



Рис. 1 – Хронология процессов развития автоматизации проектных работ

На Рис. 1 авторами представлена хронология процессов развития автоматизации в проектных организациях нефтегазового комплекса. Началом активного развития информационных систем можно считать 90-е гг. прошлого столетия. С развитием информационных технологий и глобальной компьютерной сети Интернет появились возможности для создания информационных хранилищ, электронного документооборота и центров поддержки принятия решений, что в совокупности позволило осуществлять цифровую трансформацию процессов проектирования [4].

Последующие периоды были отмечены объединением компьютерной информационной системы с программным обеспечением большой сложности, интерфейсом для использования языка программирования высокого уровня [5]. В дальнейшем отмечается динамичное развитие высокопроизводительных, надёжных и комплексных сетей, а в период с 2000-х гг. возросшая в тысячи раз мощность ИТ-оборудования позволилакратно увеличить пропускную способность сетей передачи данных, расширить информационные и цифровые возможности их использования в проектировании, а также в краткосрочной перспективе – совершенствовать телекоммуникационную и сетевую инфраструктуру [6]. Процесс проектирования НПП достиг существенного прогресса в цифровой трансформации [7].

При этом необходимо отметить отличие терминов автоматизация и цифровая трансформация. Автоматизация как термин означает замену ручного труда машинным. Если автоматизация проявляется в виде дифференцированного подхода к каждому в отдельности процессу проектирования, то цифровая трансформация, по мнению авторов, является интегрированным подходом к системе единого информационного пространства. Единое информационное пространство охватывает не только процессы проектирования, но и административную деятельность организации в виде электронного документооборота и контроля за реализацией проектов.

Современное цифровое проектирование в нефтеперерабатывающей отрасли – это интеграция междисциплинарных математических моделей для обеспечения возможности многовариантного проектирования с высоким уровнем соответствия реальным химическим процессам переработки нефти. Цифровая трансформация охватывает все аспекты бизнес-процессов проектных организаций, требующие систематизации процессов управления информационными потоками. До появления концепции единого информационного пространства обмен данными между подразделениями (дисциплинарными специалистами) проектной организации представлял собой последовательный процесс. С началом цифровой трансформации процессы проектирования приобрели возможность параллельного осуществления.

Типовая схема цифрового управления проектированием НПП представлена на Рис. 2.

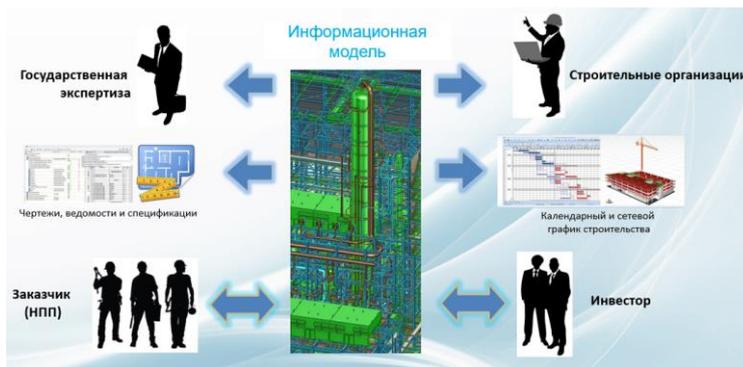


Рис. 2 – Схема цифрового управления проектированием НПП (разработано авторами)

Цифровое управление проектированием НПП осуществляется посредством информационной модели проектируемого объекта [8]. Информационная модель проектируемого объекта – это совокупность материалов и документов, представленных в электронном виде, графических и неграфических данных по объекту строительства, размещаемых в среде общих данных и представляющих собой единый достоверный источник информации по объекту на различных этапах жизненного цикла. Информационное моделирование представляет собой процесс создания и управления инженерно-техническими, а также инженерно-технологическими параметрами проектируемых объектов нефтеперерабатывающей отрасли, их хранения и использования на протяжении всего жизненного цикла.

Обмен входными/выходными данными в информационной модели и структуризация информации производится с применением систем автоматизации проектных работ, для которых характерно поэтапное наращивание возможностей и усложнение последовательности действий. Так, математическое моделирование химических процессов осуществляется на базе симулятора "Aspen Hysys", со сферой применения от единичных реакций до полного цикла процессов нефтеперерабатывающих заводов [9, с. 81-85].

Цифровая трансформация процессов проектирования очевидна, а уровень качества проектно-сметной документации на порядок выше по сравнению с ранее применяемыми методами черчения карандашами, использованием кульманами и частичного решения задач посредством ЭВМ [10].

Достигнутый уровень цифровизации процессов проектирования позволяет осуществлять взаимодействие различных проектных организаций и производителей нефтехимического оборудования при разработке отдельных комплектов рабочей документации в пределах единого информационного пространства [11], [12]. Вне сомнения, что явления глобализации также не обошли стороной процессы конструирования установок переработки нефти, – существует необходимость в сочетании требований иностранных производителей оборудования, специальных требований лицензиаров процессов нефтепереработки, стандартов ASTM и отечественных стандартов проектирования.

Сейчас передача 3D-модели проектируемого объекта нефтепереработки заказчику для эксплуатации является обязательным условием договора на оказание услуг по проектированию объектов. Такое условие обусловлено необходимостью контроля сроков проверки, ремонта и замены оборудования действующих объектов нефтепереработки и дальнейшей реконструкции или технического перевооружения [13]. На практике применяется 2- или 4-летний период непрерывной работы технологических установок и плановые остановки технологических процессов на срок в среднем до 30 суток. В таких условиях эксплуатации опасных производственных объектов требуется четкое и заблаговременное планирование ремонтных работ.

В Табл. 1 представлены средства 3D-моделирования, которые применяются в данный момент на российском рынке информационных технологий.

Таблица 1 – Программное обеспечение процесса информационного моделирования

Импортное ПО	Российский аналог в рамках программы импортозамещения
Aveva E3D	Model Studio CS
Revit	Model Studio CS
Civil 3D	T-FLEX CAD
Inventor 3D	ПОЛИНОМ
MagiCAD	Model Studio CS
Tekla	Model Studio CS
Navisworks	CADLib

Разнообразие программных продуктов в области информационного моделирования характеризуется применением языков программирования высокого уровня (объектно-ориентированных) и наличием программного интерфейса приложения (от англ. Application Programming Interface – далее API), обеспечивающего взаимосвязь различного программного обеспечения без привязки к программной архитектуре. На практике это означает возможность автоматического выпуска комплектов рабочей документации, обмена информацией в цифровом виде со смежными отделами или организациями в соответствии с этапами проектирования [14]. Естественно все изменения в проекте относительно предыдущих редакций также фиксируются и отображаются в документации при очередном внесении изменений в комплекты рабочей документации.

В настоящее время высокую степень распространения и признания получили технологии компании "AVEVA Group plc", предусматривающие гибкость структуры управления данными, что позволяет учитывать отраслевые особенности процессов проектирования и индивидуальные требования заказчиков.

Сегодня наиболее перспективным является многомерный формат проектирования, суть которого заключается в дифференцированном использовании информационной модели проектируемого объекта не только для подготовки проектно-сметной документации, но и для планирования процесса строительства, финансирования, а также для подготовки документации для нужд эксплуатации проектируемых объектов [15].

Развитие многомерного формата проектирования в России началось с широкомасштабного применения средств 3D-моделирования, т.е. пространственного представления проектируемого объекта, затем появилась необходимость представления и планирование поэтапной реализации проекта и представление объекта во времени (4D). Сейчас наиболее востребованным является уровень 5D [16], суть которого заключается в

взаимосвязи проектных решений со сметной стоимостью. Экономическая целесообразность является определяющей при принятии проектного решения, особенно в условиях ограниченного финансирования развития НПП.

Несмотря на разнообразие подходов к цифровой трансформации, принципы формирования 5D-моделирования, сметные нормативы и действующая система ценообразования в строительстве остаются неизменными для всех участников рынка. Именно это создаёт возможности для формирования системного подхода в отрасли к проектированию в формате 5D [17].

Каждый последующий цикл развития любой системы, и проектирование не является исключением, имеет ряд преимуществ и недостатков. В Табл. 2 приведены преимущества и недостатки применения формата проектирования 5D [18].

Таблица 2 – Преимущества и недостатки применения формата проектирования 5D

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • Прозрачность определения объёмов строительно-монтажных работ. • Повышение степени точности размера денежных затрат на строительство проектируемого объекта на ранних стадиях реализации проекта. • Возможность оптимизации затрат в сжатые сроки за счёт изменения проектных решений или стоимости применяемых строительных материалов. • Сокращение сроков разработки сметной документации. 	<ul style="list-style-type: none"> • Необходимость детальной проработки проектных решений на ранних стадиях проектирования. • Отсутствие возможности применения стоимости ранее построенного объекта-аналога или элемента конструкции-аналога. • Необходимость учёта индивидуальных требований инвесторов при определении сметной стоимости строительства проектируемого объекта.

Несомненно, недостатки связаны с тем, что данный формат проектирования только начинает развиваться, и государственное регулирование развития данного процесса в виде совершенствования системы ценообразования в строительстве ещё не приобрело требуемый масштаб, а преимущества являются очевидными.

Следует отметить, что процессы цифровой трансформации процессов проектирования развиваются значительными темпами, опережая существующее социально-экономическое положение. Если возможности IT-оборудования и программного обеспечения широко представлены отечественными и зарубежными производителями и разработчиками, то количества квалифицированных пользователей технологиями информационного моделирования (инженеров-проектировщиков) недостаточно. Предлагаемый вузами перечень существующих специальностей в области информационного моделирования ограничен. Изменение культуры работы и принятия технологий людьми в новой цифровой парадигме – одна из главных задач развития [19], [20].

Для дальнейшей реализации процессов цифровой трансформации требуется решение следующих задач:

- создание новых инженерных профессий;
- формирование различного рода образовательных программ для имеющих специалистов;
- систематизация нормативно-технической документации в части стандартизации информационного моделирования объектов проектирования.

В отсутствие стандартизированного подхода, в данное время именно особенности технологий информационного моделирования каждой проектной организации представляют собой конкурентное преимущество, что в совокупности является основой для цифровой трансформации процессов проектирования. Трансформация подходов к процессам проектирования в России имеет межотраслевой характер и позволяет значительно увеличить качество проектно-сметной документации.

Список использованных источников

1. Лаптев Н.В., Балуква В.А., Садчиков И.А. Повышение интеллектуализации развития ООО "КИНЕФ", М.://Нефтепереработка и нефтехимия. ОАО "ЦНИИТЭнефтехим". – М, 2016. – № 1. – С. 68-73. – <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1572.33>.
2. Панкратов О.Е., Панкратов Е.П. Проблемы повышения инвестиционно-экономического потенциала строительных предприятий // Экономика строительства. – 2017. – № 5(47). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-povysheniya-investitsionno-ekonomicheskogo-potentsiala-stroitelnyh-predpriyatij>.
3. Левенцов В.А., Левенцов А.Н. Цифровое проектирование изделия и процессов производства как фактор повышения эффективности // Современные наукоёмкие технологии. – 2021. – № 5. – С. 63-67.

4. Цифровая трансформация экономики и промышленности: проблемы и перспективы / под ред. д-ра экон. наук, проф. А.В. Бабкина. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – С. 509-532.
5. Восковых К.А. Особенности цифровизации в строительной отрасли как важный фактор её устойчивого развития // Бюллетень науки и практики. – 2021. – № 12. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-tsifrovizatsii-v-stroitelnoy-otrasli-kak-vazhnyy-faktor-ee-ustoychivogo-razvitiya>.
6. Табурчак А.П., Табурчак П.П., Севергина А.А. Эффективность внедрения IT-инноваций // Экономический вектор. – 2016. – № 1(4). – С. 67-76.
7. Лушников А.С. Оценка эффективности использования технологий информационного моделирования при реализации инвестиционно-строительных проектов / А.С. Лушников // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 5(58) октябрь. – С. 186-195.
8. Абакумов Р.Г. Преимущества, инструменты и эффективность внедрения технологий информационного моделирования в строительстве / Р.Г. Абакумов, А.Е. Наумов, А.Г. Зобова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 5. – С. 171-181.
9. Карлик А.Е., Садчиков И.А., Балучева В.А., Климов В.А., Погожева С.Ю. и др. Формирование и эффективность использования интеллектуального капитала на предприятиях нефтегазохимического комплекса / Под ред. проф. Карлика А.Е. и проф. Садчикова И.А. Колл. монография. – СПб.: СПбГЭУ. – 2019. – 10 п.л.
10. Айроян З.А. Управление проектами нефтегазового комплекса на основе технологий информационного моделирования (BIM-технологий) / З.А. Айроян, А.Н. Коркишко // Инженерный вестник Дона. – 2016. – Т. 43. – № 4(43). – С. 151.
11. Алексеевская Я.А. Реализация взаимодействия ресурсно-информационной BIM-модели с системой сметного нормирования / Я.А. Алексеевская // Научное обозрение. – 2017. – № 11. – С. 104-108.
12. Вечелковский Б.Е. Анализ ключевых факторов внедрения технологии информационного моделирования зданий в современном строительстве / Б.Е. Вечелковский // Современная техника и технологии. – 2015. – № 1(41). – С. 114-117.
13. Осипенко А.В. Концептуальные условия перехода предприятий нефтеперерабатывающей отрасли к формату проектирования 5D. Оценка целесообразности внедрения, перспективы // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2016. – № 9. – С. 4-8.
14. Владимирова И.Л., Каллаур Г.Ю., Цыганкова А.А., Папикян Л.М., Тензина П.А. Цифровизация как фактор повышения производительности труда в строительной отрасли // Экономика строительства. – 2020. – № 3(63). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-kak-faktor-povysheniya-proizvoditelnosti-truda-v-stroitelnoy-otrasli>.
15. Силка Д.Н. Новые технологии повышения достоверности стоимостных расчётов строительных проектов / Д.Н. Силка // Научное обозрение. – 2017. – № 20. – С. 84-89.
16. Изатов В.А., Воронин И.А. "Сметы из BIM-модели Autodesk Revit" [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://isicad.ru>.
17. Осипенко А.В. Практические аспекты внедрения многомерного формата проектирования в рамках популяризации BIM-технологий в России [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://ardexpert.ru/article/15458>.
18. Грахов В.П. Совершенствование организации проектных работ путём внедрения технологий информационного моделирования зданий / В.П. Грахов, С.А. Мохначев, П.Е. Манохин, А.Х. Иштряков // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 615.
19. Вольхин К.А. Информационное моделирование зданий в среде российских систем автоматизированного проектирования / К.А. Вольхин // В сборнике: Молодой инженер – основа научно-технического прогресса: Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Губанов В.С. – 2015. – С. 57-61.
20. Кобзев В.В., Бабкин А.В., Скоробогатов А.С. Цифровая трансформация промышленных предприятий в условиях новой реальности // IT-Economy. – 2022. – № 5. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-promyshlennyh-predpriyatiy-v-usloviyah-novoy-realnosti>.