

УДК 66.013:665.6

**С. С. Латышев, А. И. Юсевич**

Белорусский государственный технологический университет

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIM**

В статье рассмотрены особенности реализации проектов нефтехимического комплекса с точки зрения затрат на различных этапах их жизненного цикла, приведены примеры издержек и пути их сокращения. Дано краткое описание концепции информационного моделирования (BIM).

Показаны основные этапы и последовательность проектирования технологической и монтажной части проекта. Рассмотрена схема P&ID, дана расшифровка кодировки технологических линий, раскрыто понятие классов трубопроводов и их применение. Приведен пример важности правильной организации информации в виде шифров и базы данных.

Рассмотрено применение BIM-технологии на двух основных этапах жизненного цикла проекта: проектирование и строительство и ее влияние на эффективность работ.

Приведены конкретные шаги государства по внедрению современных методов проектирования и строительства промышленных нефтехимических объектов.

**Ключевые слова:** 3D-проектирование, 4D-моделирование, P&ID, BIM, нефтехимический комплекс, изометрический чертеж, база данных, классы трубопроводов.

**S. S. Latyshau, A. I. Yusevich**

Belarusian State Technological University

**THE DESIGN PECULIARITIES OF THE PETROCHEMICAL INDUSTRY UNITS USING BIM TECHNOLOGY**

The article describes the projects realization features of a petrochemical complex from the expenses point of view at the various stages of their life cycle. Examples of costs at these stages and ways to reduce them are given. A brief description of the BIM concept is given.

The main stages and sequence of designing the technological and installation part of the project are shown. The P&ID scheme is considered, the encoding of the technological lines is given, the concept of piping classes and their application are disclosed. An example of the importance of the correct information organization in the form of ciphers and a database of data is given.

The BIM technology is considered in two main stages of the project life cycle: design and construction, and how it affects the performance of works.

The State specific steps related to the implementation of the modern approach in design and construction of industrial petrochemical facilities are given.

**Key words:** 3D design, 4D modeling, P&ID, BIM, industrial petrochemical facilities, ISO, database, piping classes.

**Введение.** Предприятия нефтехимической промышленности представляют собой сложные в проектировании, строительстве и эксплуатации объекты. Реализация проектов нефтехимических производств – довольно затратное мероприятие, поэтому инвесторы (как частные, так и государственные) стремятся снизить затраты на всех стадиях жизненного цикла промышленного объекта, при этом не ухудшая качество и безопасность.

**Основная часть.** Самыми дорогими этапами реализации проекта являются строительство и эксплуатация в течение всего жизненного цикла объекта, соответственно, сокращение издержек на этих этапах значительно снизит финансовую нагрузку на инвестора и сократит сроки реализации важных проектов.

Достичь этого можно только с применением новых подходов – 4D-моделирования процесса

строительства и использования информационной модели объекта при эксплуатации. В 4D-моделировании к информационной 3D-модели объекта строительства добавляется временная шкала с планированием трудовых ресурсов в календарно-сетевом графике, то есть это виртуальное моделирование процесса строительства до начала работ на строительной площадке. По данным компании BIM Solutions Group, только за счет правильного планирования строительных работ удалось сэкономить до 25% средств при реализации промышленных объектов в Литве и Латвии [1].

Стоимость проектных работ составляет всего около 8–13% от стоимости строительства, однако решения, заложенные на этапе проектирования, могут существенно сократить либо, наоборот, увеличить издержки и сроки реализации проекта. Значительно проще и дешевле

устранить ошибки и коллизии в проектной документации (если их обнаружить на этой стадии), чем на строительной площадке, когда стоимость их устранения увеличивается в 10–100 раз, а также увеличивается время переделок, что может привести к срыву сроков и большим штрафным санкциям. Так, при строительстве установки вакуумной перегонки мазута на одном из НПЗ возникла проблема с установкой АВО (аппаратов воздушного охлаждения). Поставщик оборудования предоставил проектной организации чертежи АВО, на основании которых были запроектированы площадки обслуживания и трубопроводная обвязка. При монтаже данного оборудования на площадке выяснилось, что установке трубных пучков АВО мешают уже смонтированные площадки обслуживания. Пришлось в срочном порядке переделывать сами площадки и изменять конфигурацию трубопроводов, что повлекло за собой значительные временные и финансовые затраты. После разбирательства выяснилось, что виноват не проектировщик, а производитель оборудования, который поставил АВО, несколько отличающиеся размерами от ранее предоставленных чертежей.

Примером негативного влияния неверного проектного решения на последующую эксплуатацию нефтехимического объекта может быть случай, произошедший на установке моноэтаноламиновой (МЭА) очистки на другом НПЗ. При проектировании установки не было заложено достаточного количества фланцевых пар на трубопроводы, содержащие среды с сероводородом и МЭА. При замене участка прокорродировавшего трубопровода вместо того, чтобы вырезать аварийный участок и сварить новый, пришлось менять весь трубопровод между фланцевыми соединениями (несмотря на то, что часть его была еще пригодна для эксплуатации). Причиной тому была невозможность гарантировать надежность сварного шва между новой и существующей трубой, подвергшейся в процессе эксплуатации сероводородной коррозии.

Как следует из вышеописанного, значительным ресурсом экономики средств и сокращения сроков реализации проектов является внедрение современных подходов и технологий на всех стадиях жизненного цикла объекта, которые сформулированы в концепции информационного моделирования зданий и сооружений, сокращенно ИМЗ (BIM – Building Informational Modeling). Согласно этой концепции, на каждой стадии проектирования, строительства, эксплуатации здания или сооружения мы имеем некую информационную модель, которая отражает объем обработанной на этот момент информации об объекте [2].

Другими словами, мы создаем цифровой двойник проектируемого объекта.

Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь также осознает важность внедрения современных технологий. Согласно приказу № 70 от 16 марта 2018 г. «О внедрении технологии информационного моделирования», с 2022 г. все проекты промышленных и гражданских объектов с полным или частичным финансированием за счет средств бюджета должны выполняться с применением технологии информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла строительства объекта. Помимо этого, до декабря 2019 г. необходимо разработать и усовершенствовать образовательные стандарты и программы, которые должны учитывать современные информационные технологии моделирования при подготовке проектировщиков, строителей, монтажников и руководящих работников.

Для того чтобы понять, как создается 3D-модель, а в дальнейшем и BIM-модель промышленного объекта, необходимо понять, какие проектные отделы участвуют в разработке и проектировании и как они связаны. Среди основных можно выделить технологический, монтажный, строительный, электротехнический, наружной и внутренней канализации, вентиляции и пожаротушения [3]. Конструкции и разрабатываемые указанными отделами, имеют наибольшие размеры, и чаще всего пересечения этих конструкций обусловлены проектными ошибками (например, между подводящей трубой насоса и коробом приточной вентиляции), что приводит к переделкам на строительной площадке.

Для совместной работы специалистов разных отделов создается информационная модель объекта (как правило, трехмерная), где каждый специалист моделирует свои конструкции, а остальные видят в реальном времени его работу. Для этого могут быть использованы как единые программные комплексы, включающие пространство для проектирования всех разделов (PDMS, Smart Plant), так и набор из специализированного программного обеспечения (ПО) для каждой специальности. Для нас наибольший интерес представляют этапы и последовательность разработки технологической и монтажной частей проекта.

Основой для разработки всех нефтехимических объектов является технология, которую предоставляют лицензиары в виде технологических схем (рис. 1). Зачастую лицензиары предоставляют схемы только основного процесса, а данные по всем вспомогательным системам приводят в виде таблицы потребления пара различных параметров, оборотной воды,

инструментального воздуха, азота, топливного газа и др. Поэтому проектные организации дорабатывают схемы лицензиаров, добавляя необходимые линии вспомогательных систем, а также дополняют необходимыми системами безопасности (предохранительными и отсечными клапанами, дополнительной сигнализацией), которые диктуются нормами страны, где будет строиться объект. Выбирается основное и вспомогательное оборудование, его массогабаритные размеры, расположение штуцеров.

В монтажной же части на основании выбранного оборудования и технологических схем создается компоновка установки, где определяется состав, рациональное расположение оборудования, зданий и сооружений. После того, как компоновка утверждается заказчиком, монтажники обязывают все оборудование трубопроводами согласно технологическим схемам.

Для того чтобы схемы P&ID (Piping and instrument diagram) были интеллектуальными, а не просто линиями на чертеже, и в дальнейшем информация со схем использовалась на других этапах проекта, и автоматически формировалась выпускная документация (перечень оборудования, ведомость трубопроводов, перечень арматуры и др.), необходимо их разрабатывать в специализированном ПО. Основой данного ПО является база

данных, в которую заносится информация по каждому элементу схемы, начиная от оборудования и арматуры и заканчивая технологическими линиями со всеми параметрами. На схеме каждая линия имеет свой уникальный номер и шифр. Пример такого шифра: 150 mm P01-1007-BB33 E5 HC, где:

- 150 mm – номинальный диаметр трубопровода в миллиметрах;
- P01 – условное обозначение среды в трубопроводе;
- 1007 – индивидуальный номер линии;
- BB33 – класс трубопровода;
- E5 – указывает наличие и тип обогрева;
- HC – тип изоляции.

В дальнейшем этот шифр используется для идентификации трубопровода в монтажных и изометрических чертежах (ИЧ), а также для формирования спецификации материалов для каждого трубопровода и в целом по проекту.

Основой шифра линии являются классы трубопроводов, например BB33, где:

- первая буква – условное давление (в конкретном случае «В» обозначает давление 16 кг/см<sup>2</sup>);
- вторая буква – тип стали (в конкретном случае «В» обозначает сталь углеродистая качественная);
- цифра 33 – порядковый номер класса.

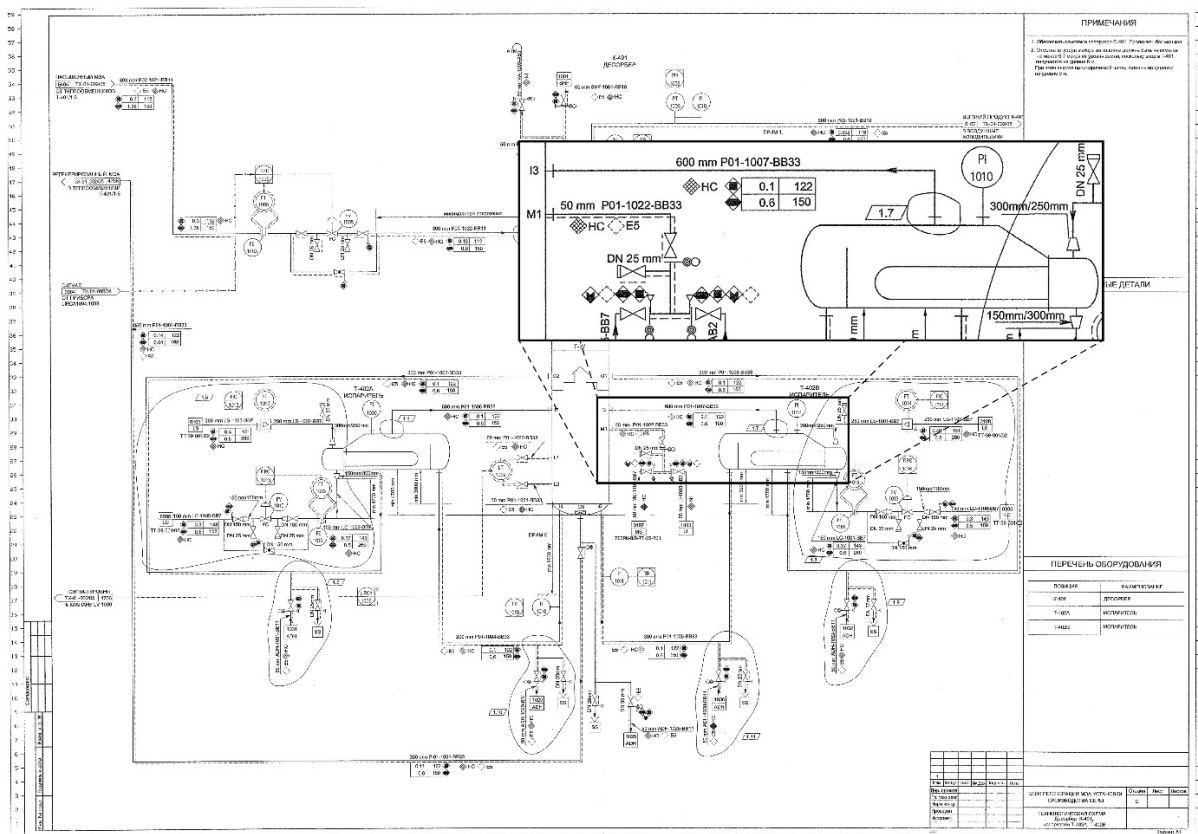


Рис. 1. Технологическая схема

Класс трубопровода представляет собой унифицированный перечень элементов трубопроводов (фланцы, трубы, трубная фасонка, арматура, прокладки и др.), которые подобраны и рассчитаны на определенную коррозию, среду и условное давление (таблица).

Такой подход позволяет как технологам, так и монтажникам применять единую номенклатуру материалов трубопроводов, а также сократить перечень элементов для заказной спецификации. Наличие классов также упрощает и ускоряет монтажникам работу по моделированию трубопроводов, поскольку не тратится время на подбор конкретных элементов, они автоматически внедряются в модели из базы данных при выборе конкретного класса и диаметра.

Именно наличие единой базы данных по проекту позволяет брать номер линии трубопровода непосредственно из технологических схем и в дальнейшем проверять правильность прокладки линии и наличие всех необходимых элементов в сравнении с P&ID.

После того как 3D-модель установки полностью создана и все смежные специальности разработали модели своих частей (ж.-б. поставщиков, электрических лотков и кабелей, металлоконструкций и др.), общая модель подвергается проверке на коллизии между всеми конструкциями (рис. 2). При наличии ошибок их устраняют, и модель используют для выпуска проектной документации в автоматическом и полуавтоматическом режиме в зависимости от ПО и требований заказчика.

Коррозия	Фланцы	Уплотн. поверхность фланцев	BV33			
3 мм	PN 16	Исполнение 2–3 ГОСТ 12815–80				
Углеродистая сталь качественная 20						
Среда	Н – Нефть Г – Газ		Дв – Дренаж воды Тн – Теплоноситель			
<b>Элементы фланцевых соединений</b>						
<b>Элемент</b>	<b>DN</b>	<b>PN</b>	<b>Форма</b>	<b>Материал</b>	<b>Стандарт</b>	
Фланец	15–500	16	2–3	Сталь 20	ГОСТ 12821–80	
Шпилька			2–1	Сталь 35	ОСТ 26-2040–96	
Гайка				Сталь 25	ОСТ 26-2041–96	
Прокладка	15–500	16	СПД Д-4-281,6-4,5	12X18H10T	ОСТ 26.260.454–99	
Заглушка фланцевая	65–500	16		09Г2С	АТК 24.200.02.90	
<b>Трубы</b>						
<i>Трубы бесшовные</i>						
<b>Элемент</b>	<b>DN</b>	<b>S1</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Материал</b>	<b>Стандарт</b>	
Труба	15	4	18×4	Сталь 20	ГОСТ 8734–78	
Труба	25	4,5	32×4,5	Сталь 20	ГОСТ 8734–78	
Труба	50	5	57×5	Сталь 20	ГОСТ 8734–78	
Труба	250	8	273×8	Сталь 20	ГОСТ 8734–78	
Труба	300	8	325×8	Сталь 20	ГОСТ 8734–78	
<b>Фитинги</b>						
<i>Отводы гнутые</i>						
<b>Элемент</b>	<b>DN</b>	<b>S1</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Материал</b>	<b>Стандарт</b>	
Отвод	15	4	18×4	Сталь 20	ОСТ 36-42–81	
Отвод	25	4,5	32×4,5	Сталь 20	ОСТ 36-42–81	
<i>Отводы бесшовные R = 1.5DN</i>						
<b>Элемент</b>	<b>DN</b>	<b>S1</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Материал</b>	<b>Стандарт</b>	
Отвод	50	5	П 57×5	Сталь 20	ГОСТ 17375–2001	
Отвод	80	6	П 219×8	Сталь 20	ГОСТ 17375–2001	
Отвод	250	8	П 273×8	Сталь 20	ГОСТ 17375–2001	
<i>Переход бесшовный концентрический (К) и эксцентрический (Э)</i>						
<b>Элемент</b>	<b>DN</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Материал</b>	<b>Стандарт</b>
Переход	40×25	5	5	ПК (ПЭ) 45×5–32×5	Сталь 20	ГОСТ 17378–2001
Переход	150×80	8	6	ПК (ПЭ) 159×8–89×6	Сталь 20	ГОСТ 17378–2001
<i>Тройник бесшовный равнопроходной</i>						
<b>Элемент</b>	<b>DN</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>Обозначение</b>	<b>Материал</b>	<b>Стандарт</b>
Тройник	50	5		П 57×5	Сталь 20	ГОСТ 17376–2001
Тройник	250	10		П 273×10	Сталь 20	ГОСТ 17376–2001
Тройник	300	10		П 325×10	Сталь 20	ГОСТ 17376–2001

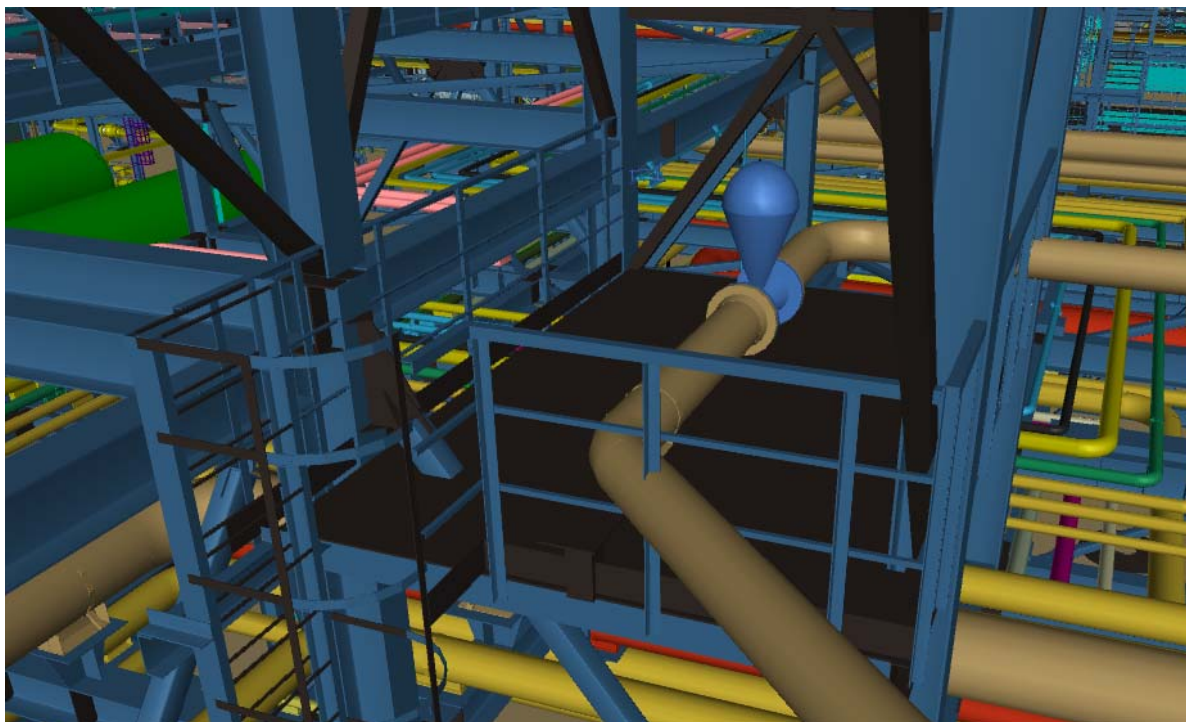


Рис. 2. Коллизия металлоконструкции и трубопровода

Для монтажа трубопроводов на площадке используют изометрические чертежи (ИЧ, рис. 3), представляющие собой изометрию трубопровода в одну линию со спецификацией всех

элементов, из которых он состоит. Указаны размеры, расположение сварных швов, длина прямых участков труб – вся та информация, которая облегчает сборку данного трубопровода.

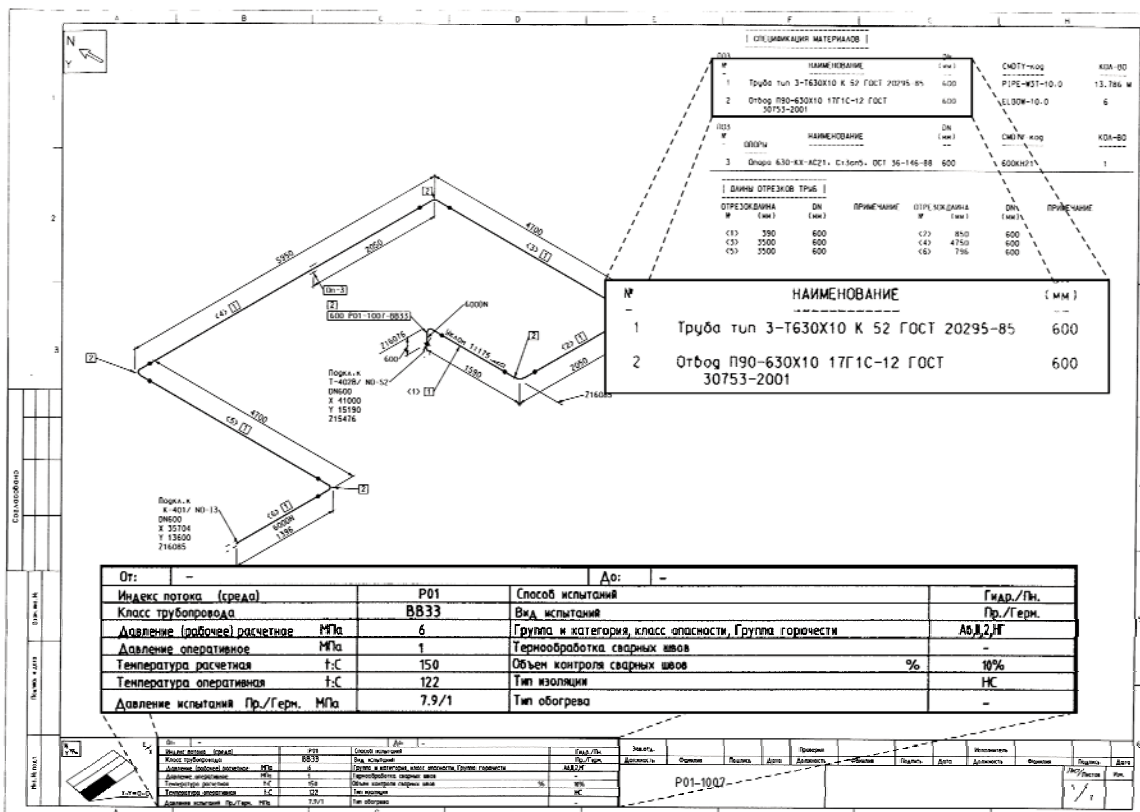


Рис. 3. Изометрический чертеж трубопровода

Также указаны все технологические параметры трубопровода, которые необходимы для контроля качества трубы после монтажа (способ и вид испытаний, объем контроля сварных швов). Все вышеописанные данные для ИЧ берутся из базы данных, разработанной еще на стадии создания технологической схемы.

Аналогичный подход к структуре и организации работ применим и к остальным специальностям – электрика, вентиляция, канализация. В строительной части есть свои особенности, но основа ее – это база данных.

Результатом проектной деятельности являются рабочая документация и информационная модель, которые передаются на этап строительства. Именно использование BIM-модели при возведении объекта экономит значительные средства и время. Так, при моделировании процесса строительства (4D) сокращаются издержки на логистику строительных материалов и содержания складских площадок. Строители знают точное время, когда понадобится тот или

иной элемент и возможен монтаж с «колес», что значительно экономит время.

С помощью 4D-моделирования генподрядчик всегда знает и наглядно видит последовательность работ, поэтому не возникнет ситуации, когда необходимо срочно переносить временный склад, поскольку на его месте необходимо вести земельные работы. Все это позволяет экономить до 20–25% средств на строительстве [1]

**Заключение.** В современных условиях, когда проекты с каждым днем становятся все сложнее, а сроки на их реализацию сокращаются, необходимо использовать весь спектр возможностей, которые дают современные цифровые технологии. Основой является информация, и от того, как она собирается, обрабатывается, и используется, во многом зависит успех выполнения проекта. Новый подход в виде BIM-концепции дает инженеру мощный инструмент, который принципиально меняет философию проектирования.

### Литература

1. BIM форум Минск 2016. Видеозапись форума / Компания ООО «BIM Решения». URL: <http://bimforum.by/bim-forum-minsk-2016> (дата обращения: 12.04.2018).
2. Талапов В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. М.: ДМК ПРЕСС, 2015. 409 с.
3. Латышев С. С., Юсевич А. И. Современные тенденции в проектировании промышленных нефтехимических объектов // Труды БГТУ. Серия 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. 2018. № 1. С. 65–72.

### References

1. *BIM Forum Minsk 2016. Videozapis' foruma* [BIM Forum Minsk 2016. Video recording of the forum]. Available at: <http://bimforum.by/bim-forum-minsk-2016> (accessed 12.04.2018).
2. Talapov V. V. *Tekhnologiya BIM. Sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy* [BIM technology. The essence and features of the introduction of information modeling of buildings]. Moscow, DMK PRESS Publ., 2015. 409 p.
3. Latyshau S. S., Yusevich A. I. Modern trends in design of industrial petrochemical facilities. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 2, Chemical Engineering, Biotechnology, Geoecology, 2018, no. 1, pp. 65–72 (In Russian).

### Информация об авторах

**Латышев Сергей Сергеевич** – старший преподаватель кафедры нефтегазопереработки и нефтехимии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [latyshau@gmail.com](mailto:latyshau@gmail.com)

**Юсевич Андрей Иосифович** – кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой нефтегазопереработки и нефтехимии. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: [yusevich@belstu.by](mailto:yusevich@belstu.by)

### Information about the authors

**Latyshau Siarhei Siarheevich** – Senior Lecturer, the Department of Oil and Gas Processing and Petroleum Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [latyshau@gmail.com](mailto:latyshau@gmail.com)

**Yusevich Andrey Iosifovich** – PhD (Chemistry), Associate Professor, Head of the Department of Oil and Gas Processing and Petroleum Chemistry. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: [yusevich@belstu.by](mailto:yusevich@belstu.by)

Поступила 12.04.2018