



УДК 378:69:004

С. И. РОТКОВ, д-р техн. наук, зав. кафедрой инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования;
Е. В. КОНОПАЦКИЙ, д-р техн. наук, проф. кафедры инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования;
М. В. ЛАГУНОВА, д-р пед. наук, проф. кафедры инженерной геометрии, компьютерной графики и автоматизированного проектирования

ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ННГАСУ ДЛЯ СКВОЗНОЙ ПОДГОТОВКИ СТРОИТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЯМ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет». Россия, 603000, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-92; эл. почта: e.v.konopatskiy@mail.ru

Ключевые слова: концепция, учебный процесс, CALS, BIM, ТИМС, ОКС.

Описана концепция технологий информационного моделирования в строительстве (ТИМС) и ее реализация в учебном процессе ННГАСУ для подготовки студентов по направлению 08.03.01 «Строительство», которая сводится к необходимости реализации комплексно-дифференцированного подхода в обучении с учетом трудовых функций профильных профессиональных стандартов. Установлена взаимосвязь зарубежной и отечественной терминологии в области ТИМС, установлена взаимосвязь между компонентами ТИМС и дисциплинами, предусмотренными учебными планами по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Проводимая в Российской Федерации промышленная политика импортозамещения в виде программ: «Национальная технологическая инициатива» [1], «Цифровая трансформация» [2] и т.п., а также цифровизация процесса проектирования и производства, выдвигают новые требования к подготовке специалистов, готовых к продуктивному решению комплексных инженерных задач, основанных не столько на реализации компетенций в своей предметной области, сколько на способности к междисциплинарной деятельности, опирающейся на понимание сущности информационных процессов, возникающих на всех этапах жизненного цикла изделия. Строительная отрасль не является исключением.

Современные социально-экономические требования государства к уровню подготовки будущих инженеров-строителей, способных реализовывать новую концепцию использования интегрированной информационной среды (единого информационного пространства) вступают в противоречие с существующим традиционным подходом к профессиональной подготовке в ВУЗах строительного профиля с недостаточной методологической обоснованностью содержательного и технологического аспектов реализации непрерывного многоуровневого процесса подготовки к созданию информационных моделей объектов капитального строительства. В связи с чем, Президентом дано поручение Правительству РФ № Пр-1235: «... в целях модернизации строительной отрасли и повышения качества строительства обеспечить: переход к системе управления жизненным



циклом объектов капитального строительства путем внедрения технологий информационного моделирования; ... подготовку специалистов в сфере информационного моделирования в строительстве» [3]. Это, в свою очередь, приводит к необходимости пересмотра и переосмысления теоретической и методической обоснованности содержания подготовки специалиста в области строительного проектирования и производства на основе междисциплинарной и межцикловой интеграции с новых целевых позиций, начиная с концепции реализации технологий информационного моделирования в учебном процессе.

Любая концептуальная модель начинается с определения понятий. Понятие *BIM* (англ. *Building Information Modeling*) происходит от описания процесса создания модели объектов капитального строительства (ОКС), который трансформировался в набор информационных технологий. На данный момент существует большое количество определений понятия *BIM*. Каждое из них раскрывает определённую грань возможностей его реализации в строительной отрасли и имеет право на жизнь. Но на наш взгляд, ошибочно считать *BIM* исключительно инструментом построения 3D-модели для визуализации ОКС и создания проектной документации [4]. Эта технология, кроме всего вышеперечисленного, включает в себя работу с моделью цифрового двойника здания или сооружения на всех этапах их жизненного цикла, что обеспечивает комплексный подход к решению множества возникающих при этом проблем различного характера. В такой постановке понятие *BIM* в полной мере соответствует современному пониманию концепции *CALS*.

CALS (англ. *Continuous Acquisition and Life cycle Support*) – это концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла продукции на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды (единого информационного пространства), обеспечивающая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции (включая государственные учреждения, и ведомства), поставщиков (производителей) продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными [5].

Базовые идеи этой концепции были заложены в трудах академика Глушкова В. М. [6]. Её эффективность в машиностроении [7], автомобилестроении [8], авиастроении [9] и при производстве ракетно-космической техники [10] была проверена годами эффективного использования. В строительную отрасль концепция *CALS (BIM)* активно внедряется только последнее десятилетие, но уже доказывает свою высокую эффективность.

Основой для реализации указанных концепций, как в Российской Федерации, так и за рубежом, является понятие электронной модели проектируемого или изготавливаемого объекта исследования или производства. ГОСТ 2.052-2021 регламентирует это понятие и вводит ряд определений, связанных с геометрией объекта производства. Указанный ГОСТ требует создания в памяти ЭВМ 3D-модели, или «цифрового двойника» объекта проектирования и производства [11], на базе которой производятся все инженерные, конструкторские и технологические расчеты, вне зависимости от отрасли промышленности, формируются электронные документы, как то

технологические карты, сметы, логистика поставок и т.д., тем самым формируется информационное сопровождение изделия в течение всего жизненного цикла.

Единое информационное пространство, вне зависимости от того, какую концепцию – *CALS* или *BIM* – реализует, основывается на том факте, что каждая из информационных технологий, решая свою узко направленную задачу, передает в электронном виде данные решения в единую базу данных и предоставляет полученные данные другим технологиям и системам для решения своих задач, обеспечивая тем самым единые способы управления данными и предоставляет единый пользовательский интерфейс.

Это единое информационное пространство не может быть осуществлено с помощью только одной системы или программы, имеющих в распоряжении проектировщика. Более того, каждый из этапов жизненного цикла обеспечивается большим количеством программных продуктов от разных производителей, имеющих разные взгляды на программную реализацию функционала, различные алгоритмы и структуры данных хранения и обработки результатов различных расчетов. Преодоление этих внутренних противоречий возможно только при четком понимании и следовании вышеприведенному определению *CALS* и *BIM*.

Следует отметить, что в российских нормативных документах [12] вместо понятия *BIM* используется термин ТИМ (технологии информационного моделирования), что является не совсем корректным по отношению к предметной области его применения, поскольку информационные технологии и системы нашли широкое применение практически во всех современных отраслях экономики, а не только в строительстве. Исходя из этого, более корректной является аббревиатура ТИМС – технологии информационного моделирования в строительстве, которая содержит привязку к предметной области и является прямым аналогом понятия *BIM*, поэтому в дальнейшем изложении материала статьи будем использовать именно её.

По аналогии с понятием *BIM*, понятию *CALS* соответствует российский термин – информационная поддержка жизненного цикла изделий [13] (ИПЖЦИ). В научной среде существует его аналог – цифровая поддержка жизненного цикла изделий [14] (ЦПЖЦИ).

Если проанализировать статистику публикаций за последние 10 лет (рис. 1), то увидим, что на тему *BIM* оно выросло более, чем на порядок, начиная от 82 публикаций в 2013 г. и заканчивая 1344 публикациями в 2021 г., когда был достигнут их максимум. Используются данные научной электронной библиотеки *Elibrary.ru*. Поиск проводился по статьям в журналах и в материалах конференций. И хотя в 2022 г. публикационная активность немного снизилась, она всё равно превысила отметку в 1000 статей за год, что свидетельствует об актуальности этой темы и большом количестве научных проблем, возникающих при внедрении *BIM* в инженерную практику и в учебный процесс, а также о необходимости проведения дальнейших исследований в этой области.

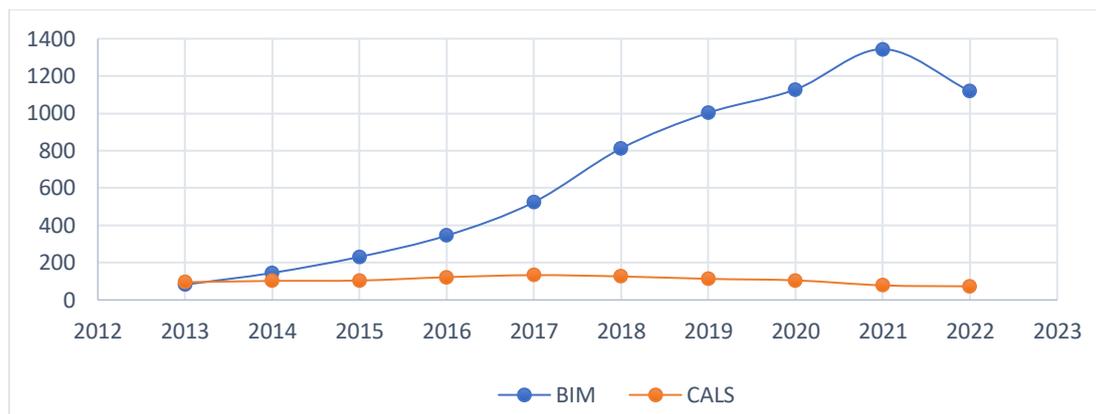


Рис. 1. Количество публикаций на тему *BIM* и *CALS* по данным *Elibrary.ru*

Вместе с тем, количество публикаций на тему *CALS* остаётся неизменным и колеблется в среднем на отметке 100 публикаций в год. Российские же аналоги понятий *BIM* и *CALS* в научных публикациях практически не используются. Всё это говорит об излишней популяризации понятия *BIM*, которое с учётом постановления Правительства Российской Федерации от 05.03.2021 № 331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства» вышло на пик популярности. Но также нельзя отрицать факт дефицита высококвалифицированных кадров в области ТИМС, способных выполнять на высоком профессиональном уровне трудовые функции во исполнение приведенного выше постановления Правительства РФ. По прогнозам [15] этот дефицит на 2023 г. может составить 50-70 тыс. специалистов. Поэтому большая ответственность по ликвидации дефицита кадров в области ТИМС ложится на ВУЗы строительного профиля, которые в разной степени пытаются внедрить технологии информационного моделирования в учебный процесс, начиная с учебных планов, что приводит к появлению новых дисциплин, способных формировать требуемые компетенции. Некоторые ВУЗы открывают новые профили направления подготовки 08.03.01 «Строительство», основанные на реализации профессионального стандарта 16.151 «Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве». Другие предлагают реализацию этого же профстандарта в рамках дополнительного профессионального образования, от курсов повышения квалификации до профессиональной переподготовки на базе ВПО и СПО. Всё это приводит к появлению новых методик внедрения ТИМС в учебный процесс и научных исследований в области педагогических наук [16, 17].

Из всего разнообразия научных публикаций о внедрении *BIM* в учебный процесс хотелось бы выделить те, которые реализуют комплексный подход к обучению путём внедрения сквозной междисциплинарной подготовки будущих инженеров строителей технологиям информационного моделирования [16, 17, 18], а также работы, направленные на использование цифровых двойников объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла [16, 19, 20].



Комплексное сравнение понятий *BIM* и *CALS* показало, что если в определении понятия *CALS* в качестве «продукции» рассматривать здания и сооружения, то фактически получим определение технологии *BIM*. Исходя из этого технологию *BIM* можно считать адаптацией технологии *CALS* применительно к объектам капитального строительства, составные части которого включают компоненты, приведенные в табл. 1.

Анализ 7 учебных планов, реализуемых в ННГАСУ по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», показал, что практически все компоненты ТИМС, приведенные в табл. 1, могут быть внедрены в учебный процесс в рамках соответствующих дисциплин. В зависимости от профиля подготовки степень внедрения может быть разной.

Таблица 1

Составные компоненты ТИМС

<i>CAD</i>	<i>Computer Aided (CA)</i>	<i>Drafting</i>	Автоматизированное	Черчение
	<i>CA</i>	<i>Design</i>	Автоматизированное	Конструирование
<i>CAM</i>	<i>CA</i>	<i>Manufacturing</i>	Автоматизированное	Изготовление
<i>CARP</i>	<i>CA</i>	<i>Rapid Prototyping</i>	Автоматизированное	Быстрое прототипирование
<i>CAA</i>	<i>CA</i>	<i>Assembly</i>	Автоматизированная	Сборка
<i>CAE</i>	<i>CA</i>	<i>Engineering</i>	Автоматизированные	Инженерные расчёты
<i>CAVE</i>	<i>CA</i>	<i>Visualization Environment</i>	Автоматизированные	Средства визуализации
<i>CAS</i>	<i>CA</i>	<i>Simulation</i>	Автоматизированное	Моделирование
<i>CAPP</i>	<i>CA</i>	<i>Process Planning</i>	Автоматизированное	Планирование процесса
<i>CAT</i>	<i>CA</i>	<i>Testing</i>	Автоматизированные	Испытания
	<i>CA</i>	<i>Technologies</i>	Автоматизированная	Технология
<i>CAID</i>	<i>CA</i>	<i>Industrial Design</i>	Автоматизированный	Промышленный дизайн
<i>CAQ</i>	<i>CA</i>	<i>Quality</i>	Автоматизированное	Обеспечение качества
<i>CAI</i>	<i>CA</i>	<i>Inspection</i>	Автоматизированная	Приёмка
<i>CA...</i>	<i>CA</i>	...	Автоматизированное	...
<i>EDM</i>	<i>Engineering</i>	<i>Data Management</i>	Управление	Инженерными данными
<i>PDM</i>	<i>Product</i>	<i>Data Management</i>	Управление	Данными о продукте

В результате анализа учебного плана по направлению подготовки 08.03.01 «Промышленное и гражданское строительство» (ПГС) выделены основные блоки дисциплин, которые формируют предметную модель современного инженера-строителя и установлена их взаимосвязь с компонентами ТИМС (табл. 2).



Таблица 2

Соответствие между блоками дисциплин профиля ПГС и компонентами ТИМС

№ п/п	Блок дисциплин	Перечень дисциплин	Компо-ненты BIM
1	Информационные и компьютерные технологии	Инженерная и компьютерная графика, информационные технологии, информационное моделирование в строительстве, системы автоматизированного расчета и проектирования в строительстве, цифровые технологии в строительстве	<i>CAD, CAS, CAE, EDM</i>
2	Архитектура	Основы архитектурно-строительного проектирования, архитектура зданий и сооружений	<i>CAD, CAID, CAVE, EDM</i>
3	Инженерные сети	Механика жидкости и газа, гидравлика инженерного оборудования зданий и сооружений, основы теплогасоснабжения и вентиляции, основы водоснабжения и водоотведения	<i>CAD, CAM, CAE, CAA, EDM</i>
4	Основания и фундаменты	Инженерная геология, основы механики грунтов и геотехники, основания и фундаменты	<i>CAD, CAM, CAE, EDM</i>
5	Строительные конструкции	Теоретическая механика, сопротивление материалов, строительная механика, основы строительных конструкций, железобетонные и каменные конструкции, металлические конструкции и т.д.	<i>CAM, CAA, CAE, CAT, EDM</i>
6	Технологии строительного производства	Средства механизации строительства, технологии строительных процессов, технология изготовления строительных конструкций, технология возведения зданий и сооружений	<i>CAM, CAA, CAT, CARP, EDM</i>
7	Организация строительства	Организация строительного производства, организация, планирование и управление строительством	<i>CAPP, EDM</i>
8	Экономика в строительстве	Экономика отрасли, сметное дело в строительстве	<i>EDM, PDM</i>

Как видно из табл. 2, практически все компоненты ТИМС могут быть на том или ином уровне задействованы в учебном процессе для обеспечения комплексной подготовки будущих инженеров строителей в области информационного моделирования объектов капитального строительства. Уровень внедрения компонентов ТИМС в учебный процесс является сугубо индивидуальным и зависит от количества часов и видов работ, запланированных учебным планом для каждой отдельной дисциплины.

С учётом вышеизложенного, концепция внедрения ТИМС в учебный процесс основана на 3-х базовых принципах:

1. ВУЗ должен выступать центром внедрения ТИМС-идеологии [21]. Это означает, что студент с самого начала обучения должен быть погружен в



концепцию проектирования с целью дальнейшего ее продвижения в строительное производство.

2. ТИМС необходимо представлять не как конкретное программное обеспечение, а как идеологию строительного проектирования и эксплуатации объектов капитального строительства на всех этапах их жизненного цикла.

3. Необходима реализация комплексно-дифференцированного подхода в обучении ТИМС с учётом трудовых функций профильных профессиональных стандартов.

Для реализации этой концепции предложено организовать на базе направления подготовки 08.03.01 «Строительство» комплексную непрерывную подготовку студентов в области информационного моделирования объектов капитального строительства путём слаженного взаимодействия профильных дисциплин посредством курсовых проектов и работ, а также расчётных и расчётно-графических работ. Среди всех 7 профилей, реализующих в ННГАСУ обучение по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», были выделены дисциплины базовой части одинаковые для учебных планов и формирующие одинаковую базовую подготовку в области ТИМС не зависимо от выбранного профиля обучения. По большей части эти дисциплины относятся к первым трём блокам дисциплин из табл. 2.

В связи с тем, что обе концепции *CALS* и *BIM* основываются в соответствии с вышеприведенным определением на понятии электронной модели изделия или «цифрового двойника» в любом техническом вузе, в строительном, в частности, выдвигаются новые требования к геометро-графической подготовке студентов. Классические дисциплины начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика должны рассматриваться с позиций информационных технологий, составляющих суть *CALS* и *BIM*.

Компьютерная графика может быть определена как информационная технология отображения данных из пространства большей размерности на двумерное пространство, вне зависимости от того, на какой физической носитель (экран, бумага и т.п.) идет отображение и какие при этом решаются геометрические и графические задачи [22].

Геометрическое моделирование есть информационная технология создания геометрической составляющей электронной модели изделия путем преобразования данных из пространства меньшей размерности в пространство большей размерности, т.е. решения обратной задачи геометрии и графики.

Эти две информационные технологии невозможно отделить друг от друга, где кончается одна технология и начинается другая. Это две стороны одной медали под названием электронная модель изделия. Таким образом, идеология ТИМС становится главным интеграционным фактором поэтапной профессиональной подготовки будущего специалиста с первых дней обучения геометрическому моделированию.

Начертательная геометрия является теоретическим базисом информационной технологии генерации и обработки геометрической и графической информации, а не только грамматикой языка чертежей.

Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика определяют методы и средства формирования электронной модели изделия, которая на 90% состоит из геометрической и графической информации. Также эти дисциплины являются базисом для дисциплины «Информационные системы в строительстве».



Исходя из вышеизложенного, в первых двух семестрах предусмотрена базовая подготовка в области инженерной и компьютерной графики с применением отечественных программных продуктов *NanoCAD СПДС* и *Компас-3D*, а также информационных технологий, в рамках изучения которых предусмотрено решение инженерных задач средствами *MS Excel* и *MS VBA*. В третьем и четвертом семестрах дисциплина «Информационное моделирование в строительстве» посвящена освоению идеологии ТИМС в ходе моделирования гражданских и промышленных зданий в отечественных ТИМ-системах, интеграции информационной модели с расчётными и сметными комплексами, подготовки цифровой информационной модели здания к Госэкспертизе, а также моделирования генерального плана. При этом предусмотрено использование отечественного программного обеспечения: *Renga*, *NanoCAD GeoniCS* и *Pilot-BIM*. Параллельно в третьем и четвертом семестрах по дисциплинам архитектурного блока выполняются курсовые работы с применением систем информационного моделирования, включающие проектирование малоэтажного здания и многоэтажного жилого дома или одноэтажного производственного здания в зависимости от выбранного профиля обучения. Далее на основе уже разработанных моделей гражданских зданий выполняется моделирование фрагментов внутренних инженерных сетей в рамках дисциплин «Основы теплогазоснабжения и вентиляции» и «Основы водоснабжения и водоотведения». Кроме того, по дисциплине «Основы технической эксплуатации объектов строительства» предусмотрено моделирование аварийной ситуации средствами ТИМС.

Таковой получается общая подготовка будущих инженеров-строителей в области информационного моделирования вне зависимости от выбранного профиля обучения.

Профиль ПГС является наиболее универсальным, а потому самым популярным и многочисленным из всего контингента студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство». Поэтому он является наиболее расширенным по степени внедрения ТИМС и предусматривает сквозную подготовку в области информационного моделирования от первого до последнего семестра бакалавриата (рис. 2).

1-й семестр	2-й семестр	3-й семестр	4-й семестр	5-й семестр	6-й семестр	7-й семестр	8-й семестр
Инженерная графика		Информационное моделирование в строительстве		Системы автоматизированного расчета и проектирования в строительстве			
Начертательная геометрия и компьютерная графика		Основы архитектурно-строительного проектирования	Архитектура зданий и сооружений			Сметное дело в строительстве	Охрана труда в строительстве
	Информационные технологии			Основания и фундаменты			
				Основы теплогазоснабжения и вентиляции	Основы технической эксплуатации объектов строительства	Надзор и контроль в строительстве	
				Основы водоснабжения и водоотведения		Организация, планирование и управление строительством	

Рис. 2. Семестровый план внедрения ТИМС в учебный процесс для профиля ПГС

Продолжая цикл базовых дисциплин ТИМС в пятом и шестом семестрах по дисциплине «Архитектура зданий и сооружений» выполняются курсовая работа и курсовой проект с моделированием соответственно культурно-зрелищного учреждения и одноэтажного промышленного здания. Параллельно на основе уже



разработанных моделей гражданских зданий выполняются: проектирование и расчёт оснований и фундаментов, расчёт металлических и железобетонных конструкций. Далее выполняется разработка календарного плана и определение сметной стоимости строительства с использованием соответствующих информационных моделей.

Профили «Гидротехническое, геотехническое и энергетическое строительство» и «Организация инвестиционно-строительной деятельности» имеют схожий с профилем ПГС набор дисциплин по внедрению ТИМС, только с отсутствием дисциплины «Системы автоматизированного расчета и проектирования в строительстве», обеспечивающей сквозную непрерывную подготовку в течении всего срока обучения. Недостаток этой дисциплины компенсируется внедрением технологий информационного моделирования за счёт профильных курсовых проектов и работ, предусмотренных учебным планом. Для профилей «Теплогасоснабжение и вентиляция» и «Водоснабжение и водоотведение» за отсутствием прочностных расчётов, предусмотрено более углубленное изучение технологий информационного моделирования на примере проектирования систем отопления для зданий различного назначения, систем внутреннего объединённого хозяйственно-питьевого водоснабжения и водоотведения жилого дома и т.д. Профили «Автомобильные дороги» и «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» в силу своей специфики ограничены подготовкой ТИМС в пределах базовых дисциплин, соответствующим трём первым блокам дисциплин из табл. 2.

Внедрение предложенной концепции ТИМС в учебный процесс позволит обеспечить страну высококвалифицированными кадрами в строительной отрасли, обладающих всеми необходимыми компетенциями в области ТИМС, и нивелировать имеющийся на данный момент дефицит кадров. Перспективным видится внедрение этой концепции в рамках специалитета (например, для направления подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»), магистратуры (08.04.01 «Строительство»), аспирантуры и докторантуры в рамках паспорта научной специальности 2.5.1. «Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий».

Отличием предложенного подхода от других является то, что он не привязывается к конкретному программному обеспечению и даёт возможность использовать любые комбинации специализированного программного обеспечения в области ТИМС, обеспечивая единую информационную образовательную среду, исходя из имеющихся возможностей университета. Это особенно актуально в текущей ситуации, когда сохраняется санкционный запрет на использование некоторого специализированного иностранного программного обеспечения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Правительство. О реализации Национальной технологической инициативы : постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2016 года № 317 ; [редакция от 13.07.2022]. – URL: [https://nti2035.ru/documents/docs/Постановление% 20 Правительства% 20РФ%20от%2018.04.2016%20 %20317% 20в% 20 редакции% 20от%2013.07.2022.pdf](https://nti2035.ru/documents/docs/Постановление%20Правительства%20РФ%20от%2018.04.2016%20%20317%20в%20редакции%20от%2013.07.2022.pdf) (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.



2. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года : указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.
3. О первоочередных задачах по модернизации строительной отрасли и повышению качества строительства : поручение от 19 июля 2018 года № Пр-1235. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550966183> (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.
4. Голдобина, Л. А. BIM-технологии и опыт их внедрения в учебный процесс при подготовке бакалавров по направлению 08.03.01 "Строительство" / Л. А. Голдобина, П. С. Орлов. – Текст : электронный // Записки Горного института. – 2017. – Том 224. – С. 263–272. – DOI: 10.18454/PMI.2017.2.263.
5. Ротков, С. И. Средства геометрического моделирования и компьютерной графики пространственных объектов для CALS-технологий : специальность 05.01.01 : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / С. И. Ротков. – Нижний Новгород, 1999. – 287 с. – Текст : непосредственный.
6. Глушков, В. М. Основы безбумажной информатики / В. М. Глушков. – Москва : Наука, 1982. – 552 с. – Текст : непосредственный.
7. Братухин, А. Г. CALS – объективная реальность конкурентоспособного машиностроения / А. Г. Братухин. – Текст : непосредственный // Сварочное производство. – 2014. – № 6. – С. 38–44.
8. Малкина, И. В. CALS/ИПИ-технологии в формировании компьютерной системы качества изделий автомобилестроения / И. В. Малкина. – Текст : непосредственный // Технология машиностроения и материаловедение. – 2017. – № 1. – С. 9–12.
9. Егоров, И. С. CALS-технологии в авиационной промышленности / И. С. Егоров. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2019. – № 4 (130). – С. 154–158.
10. Блинков, Е. В. Применение CALS-технологий в условиях разработки и постановки на производство изделий ракетно-космической техники / Е. В. Блинков, А. М. Шишаев, В. П. Назаров. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – Том 1. – № 10. – С. 42–43.
11. ГОСТ 2.052-2021. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179217> (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.
12. Профессиональный стандарт 16.151. Специалист в сфере информационного моделирования в строительстве. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573338974> (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.
13. ГОСТ Р 59278-2020. Информационная поддержка жизненного цикла изделий. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177293> (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.
14. Паспорт научной специальности 2.5.1. Инженерная геометрия и компьютерная графика. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий. – URL: https://www.nngasu.ru/science/dissertation_advice/2.5.1.pdf (дата обращения: 10.05.2023). – Текст : электронный.
15. Алимов, Р. Ш. К вопросу актуальности внедрения BIM-технологий в учебный процесс подготовки инженеров / Р. Ш. Алимов, Р. Н. Абитов. – Текст : непосредственный // Цифровая трансформация в высшем и профессиональном образовании : материалы 16-й Международной научно-практической конференции, Казань, 25 мая 2022 г. – Казань, 2022. – С. 180–182.
16. Евстратенко, А. В. BIM-технологии: опыт реализации отдельных этапов в учебном процессе / А. В. Евстратенко, В. О. Алампиев. – Текст : непосредственный // Наука и инновации в строительстве : сборник докладов VI Международной научно-



практической конференции, посвящ. 50-летию кафедры строительства и городского хозяйства. – Белгород, 2022. – Том 1. – С. 158–165.

17. Юматова, Э. Г. Междисциплинарная подготовка будущих бакалавров в условиях цифровизации инженерного образования / Э. Г. Юматова. – Текст : электронный // Современные проблемы науки и образования. – 2022. – № 4. – С. 38. – DOI: 10.17513/spno.31908.

18. Ротков, С. И. Концепция реализации BIM в учебном процессе на примере профиля ПГС / С. И. Ротков, Е. В. Конопацкий, М. В. Лагунова. – Текст : электронный // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры. BIMAC 2023 : материалы VI Международной научно-практической конференции BIMAC 2023, Санкт-Петербург, 19–21 апреля 2023 года. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 265–273. – DOI: 10.23968/BIMAC.2023.036.

19. Талапов, В. В. Жизненный цикл здания и его связь с внедрением технологии BIM / В. В. Талапов. – Текст : непосредственный // САПР и графика. – 2017. – № 2 (244). – С. 8–12.

20. Каменева, Н. В. Современные технологии проектирования в архитектуре и градостроительстве / Н. В. Каменева. – Текст : непосредственный // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Том 2. – С. 247–253.

21. Талапов, В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий / В. В. Талапов. – Москва : ДМК-Пресс, 2015. – 409 с. – ISBN 978-5-97060-291-1. – Текст : непосредственный.

22. Попов, Е. В. Кратко о сути компьютерной геометрии и графики / Е. В. Попов, С. И. Ротков. – Текст : непосредственный // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. – 2016. – Том 1. – С. 62–67.

ROTKOV Sergey Igorevich, doctor of technical sciences, holder of the chair of engineering geometry, computer graphics and computer-aided design; KONOPATSKIY Evgeniy Viktorovich, doctor of technical sciences, professor of the chair of engineering geometry, computer graphics and computer-aided design; LAGUNOVA Marina Viktorovna, doctor of pedagogical sciences, professor of the chair of engineering geometry, computer graphics and computer-aided design

ORGANIZATION OF THE TRAINING PROCESS AT NNSAGU FOR END-TO-END TRAINING OF BUILDERS IN INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering. 65, Il'inskaya str., Nizhny Novgorod, 603000, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-92; e-mail: e.v.konopatskiy@mail.ru
Key words: concept, learning process, CALS, BIM, building information modeling technologies, capital construction project.

The article describes the concept of building information modeling technologies (BIM) and its implementation in the NNSAGU educational process for training students in 08.03.01 "Building", which boils down to the need to implement a comprehensive and differentiated approach in training, taking into account the labor functions of profile professional standards. The relationship between foreign and domestic terminology in the field of BIM is established, the relationship between the components of BIM and the disciplines provided in the curricula of the direction of training 08.03.01 "Building" is established.

REFERENCES

1. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. O realizatsii Natsionalnoy tekhnologicheskoy initsiativy [Russian Federation. Government. On the implementation of the National



Technological Initiative] : postanovlenie Pravitelstva RF ot 18.04.2016 № 317 (red. ot 13.07.2022). – URL : <https://nti2035.ru/documents/docs/Постановление%20Правительства%20РФ%20от%2018.04.2016%20№%20317%20в%20редакции%20от%2013.07.2022.pdf> (data obrascheniya: 10.05.2023).

2. O natsionalnykh tselyakh razvitiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [On the National Development Goals of development of the Russian Federation for the period until 2030] : ukaz Prezidenta Ross. Fed. ot 21.07.2020 № 474. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012> (data obrascheniya: 10.05.2023).

3. O pervoocherednykh zadachakh po modernizatsii stroitelnoy otrasli i povysheniyu kachestva stroitelstva [On the priority tasks of modernizing the construction industry and improving the quality of construction] : poruchenie ot 19 iyulya 2018 goda № Pr-1235. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/550966183> (data obrascheniya: 10.05.2023).

4. Goldobina L. A., Orlov P. S. BIM-tehnologii i opyt ikh vnedreniya v uchebny protsess pri podgotovke bakalavrov po napravleniyu 08.03.01 "Stroitelstvo" [BIM-technologies and experience of their implementation in the educational process in training bachelors in the field of 08.03.01 "Construction"]. Zapiski Gornogo instituta [Notes of the Mining Institute]. 2017, Vol. 224. P. 263-272. DOI: 10.18454/PMI.2017.2.263.

5. Rotkov S. I. Sredstva geometricheskogo modelirovaniya i kompyuternoy grafiki prostranstvennykh obektov dlya CALS-tehnologiy [Geometric modeling and computer graphics tools of spatial objects for CALS technologies]. Nizhny Novgorod, 1999, 287 p.

6. Glushkov V. M. Osnovy bezbumazhnoy informatiki [Basics of paperless informatics]. Moscow, Nauka, 1982, 552 p.

7. Bratukhin A. G. CALS – obektivnaya realnost konkurentosposobnogo mashinostroeniya [CALS is the objective reality of competitive mechanical engineering]. Svarochnoe proizvodstvo [Welding production]. 2014. № 6. P. 38–44.

8. Malkina I. V. CALS/IPI-tehnologii v formirovanii kompyuternoy sistemy kachestva izdeliy avtomobilstroeniya [CALS/IPI-technologies in the formation of a computerized quality system for automotive products]. Tekhnologiya mashinostroeniya i materialovedenie [Technology of mechanical engineering and materials science]. 2017. № 1. P. 9–12.

9. Egorov I. S. CALS-tehnologii v aviatsionnoy promyshlennosti [CALS-technologies in the aviation industry]. Estestvennye i tekhnicheskie nauki [Natural and Technical Sciences]. 2019. № 4(130). P. 154–158.

10. Blinkov E. V., Shishaev A. M., Nazarov V. P. Primenenie CALS-tehnologiy v usloviyakh razrabotki i postanovki na proizvodstvo izdeliy raketno-kosmicheskoy tekhniki [Application of CALS-technologies in the development and production of rocket and space technology products]. Aktualnye problemy aviatsii i kosmonavтики [Current problems of aviation and cosmonautics]. 2014. Vol. 1. № 10. P. 42–43.

11. GOST 2.052-2021. Edinaya sistema konstruktorskoy dokumentatsii. Elektronnaya model izdeliya. Obschie polozheniya [Unified system of design documentation. Electronic model of the product. General provisions]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200179217> (data obrascheniya: 10.05.2023).

12. Professionalny standart 16.151. Spetsialist v sfere informatsionnogo modelirovaniya v stroitelstve [Professional Standard 16.151. Specialist in the field of information modeling in construction]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573338974> (data obrascheniya: 10.05.2023).

13. GOST P 59278-2020. Informatsionnaya podderzhka zhiznennogo tsikla izdeliy [Information support for the product lifecycle]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200177293> (data obrascheniya: 10.05.2023).

14. Passport nauchnoy spetsialnosti 2.5.1. Inzhenernaya geometriya i kompyuternaya grafika. Tsifrovaya podderzhka zhiznennogo tsikla izdeliy [Passport of scientific specialty 2.5.1. Engineering geometry and computer graphics. Digital support of product life cycle]. – URL: https://www.nngasu.ru/science/dissertation_advice/2.5.1.pdf (data obrascheniya: 10.05.2023).

15. Alimov R. Sh., Abitov R. N. K voprosu aktualnosti vnedreniya BIM-tekhnologiy v uchebny protsess podgotovki inzhenerov [On the relevance of the implementation of BIM-technology in the educational process of training engineers]. Tsifrovaya transformatsiya v vysshem i professionalnom obrazovanii [Digital Transformation in Higher and Vocational Education]. Materialy 16-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Kazan, 25 maya 2022 g. Kazan, 2022. P. 180–182.

16. Evstratenko A. V., Alampiev V. O. BIM-tekhnologii: opyt realizatsii otdelnykh etapov v uchebnom protsesse [BIM-technologies: experience of implementing individual stages in the educational process]. Nauka i innovatsii v stroitelstve: Sbornik dokladov VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyaschyonnoy 50-letiyu kafedry stroitelstva i gorodskogo hozyaystva [Science and innovations in construction: Collection of reports of the VI International scientific-practical conference dedicated to the 50th anniversary of the department of construction and urban economy]. Belgorod, 2022, Vol. 1. P. 158–165.

17. Yumatova E. G. Mezhdistsiplinarnaya podgotovka buduschikh bakalavrov v usloviyakh tsifrovizatsii inzhenernogo obrazovaniya [Interdisciplinary training of future bachelors in the context of digitalization of engineering education]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education]. 2022. № 4. P. 38. DOI: 10.17513/spno.31908.

18. Rotkov S. I., Konopatskiy E. V., Lagunova M. V. Kontseptsiya realizatsii BIM v uchebnom protsesse na primere profilya PGS [The concept of BIM implementation in the educational process on the example of the ICE profile]. BIM-modelirovanie v zadachakh stroitelstva i arkhitektury. BIMAC 2023: Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii BIMAC 2023 [BIM-modeling in the tasks of construction and architecture. BIMAC 2023: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference BIMAC 2023]. Saint-Petersburg, 2023. P. 265–273, DOI: 10.23968/BIMAC.2023.036.

19. Talapov V. V. Zhiznenny tsikl zdaniya i ego svyaz s vnedreniem tekhnologii BIM [The life cycle of a building and its relationship to the implementation of BIM technology]. SAPR i grafika [CAD and graphics]. 2017. № 2(244). P. 8–12.

20. Kameneva N. V. Sovremennye tekhnologii proektirovaniya v arkhitekture i gradostroitelstve [Modern design technologies in architecture and urban planning]. Sovremennye tekhnologii v stroitelstve. Teoriya i praktika [Modern technologies in construction. Theory and practice]. 2018. Vol. 2. P. 247–253.

21. Talapov V. V. Tekhnologiya BIM: sut i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy [BIM technology: the essence and characteristics of the implementation of building information modeling]. Moscow, DMK-Press. 2015, 409 p. – ISBN 978-5-97060-291-1.

22. Popov E. V., Rotkov S. I. Kratko o suti kompyuternoy geometrii i grafiki [Summary on computer geometry and graphics]. Problemy kachestva graficheskoy podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzе: traditsii i innovatsii [Problems of the quality of graphic training of students in technical universities: traditions and innovations]. 2016. Vol. 1. P. 62–67.

© С. И. Ротков, Е. В. Конопацкий, М. В. Лагунова, 2023

Получено: 30.06.2023 г.