



УДК 004.9

**Лежнина Ю.А.** – кандидат технических наук

E-mail: [lejninou@mail.ru](mailto:lejninou@mail.ru)

**Астраханский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 18

**Хоменко Т.В.** – доктор технических наук

E-mail: [t\\_v\\_khomenko@mail.ru](mailto:t_v_khomenko@mail.ru)

**Астраханский государственный технический университет**

Адрес организации: 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 16

### **Разработка модуля «Информационное моделирование зданий» на основе компетентностного подхода**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Цель исследования – анализ влияния новых технологий информационного моделирования зданий на качество процесса коллективного проектирования и управления в строительстве.

*Результаты.* Основные результаты исследования состоят в создании подхода к настройке образовательных программ в строительных вузах, основанного на анализе мнений работодателей, преподавателей и студентов. Показана необходимость расширения списка компетенций бакалавров строительства, в условиях внедрения новой технологии информационного моделирования зданий.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в полноте разработанного авторами списка компетенций и сформулированных предложениях по их применению в строительной отрасли.

**Ключевые слова:** технология информационного моделирования, BIM, компетентностный подход, энтропия системы, настройка учебного плана.

#### **Введение**

В современной строительной отрасли наиболее актуально применение компьютерных технологий на всех этапах жизненного цикла объекта строительства, особенно важно использование технологии информационного моделирования зданий в проектной деятельности на этапе формирования проектной и рабочей документации. Использование специализированного программного обеспечения в управлении строительством позволяет сэкономить время при разработке проекта, повысить качество строительных работ, обеспечить плановые расходы по проекту [1]. Востребованность рынка информационных технологий влечет быструю изменчивость. С выходом новой версии программного продукта происходит расширение возможностей по сравнению с прежними версиями. Пользователь сталкивается с проблемой обучения новой версии и использования текущего функционала прежней версии программного обеспечения. Высокая стоимость программных продуктов собственников строительных предприятий тщательно относится к его подбору. Вместе с тем, даже если внедрение нового программного продукта будет высоко затратным, строительная организация инвестирует в новые информационные технологии при очевидной выгоде в будущем инвестиций в развитие. Флагманом в сфере информационных технологий управления строительством является технология информационного моделирования [2]. Зародившись в конце 70-х годов, концепция единой информационной модели объекта строительства ждала технической возможности реализации. Сегодня имеется достаточно много систем проектирования, поддерживающих данную технологию. Можно говорить о широкомасштабной поддержке ее внедрения правительством России. Весной 2014 года Президиумом Совета Российской Федерации был принят план внедрения информационного моделирования в промышленном и гражданском строительстве России, в котором обозначена проблема подготовки специалистов строительной отрасли в связи с внедрением новой информационной технологии. Так, наряду с обучением действующих работников строительных организаций, органов государственной экспертизы, необходима подготовка новых кадров в строительных вузах. С первой задачей успешно справляются

специализированные учебные центры и частные компании-интеграторы, в тоже время, вторая задача стоит перед архитектурно-строительными вузами [3].

Процесс образования в России регламентируется Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (далее – ФГОС). Анализ ФГОС от поколения к поколению показывает, что вузам предоставляется все большая свобода в формировании основных образовательных программ на основе компетентного подхода и системы зачетных единиц. Развитие инновационного процесса в российском образовании ставит перед профессорско-преподавательским составом стратегические цели: вооружение студентов набором знаний, который позволит представить их в определенную систему так, чтобы изучаемые дисциплины приобрели единую направленность, образовывая «системное движение», предоставляя возможность для дальнейшего развития, совершенствования полученных знаний. Однако, появление новых технологий ставит новые задачи перед специалистами строительной отрасли. Для того, чтобы выпускник был конкурентоспособен на рынке труда ему необходимо уметь адаптироваться в быстроизменяющихся условиях, иметь широкие знания и глубокое понимание новых технологий в строительной отрасли. В такой ситуации перед архитектурно-строительным вузом стоит непростая задача настройки образовательных программ с учетом потребностей отрасли, мнения производителей. Таким образом, актуальна задача анализа компетенций выпускника и дисциплин учебного плана, их формирующих.

#### **Адаптация учебных программ выпускников архитектурных и строительных высших учебных заведений**

Одной из главных отличительных особенностей нового поколения ФГОС в России является компетентный подход к образовательному процессу и оценке его качества. В 2011 году были введены в действие образовательные стандарты третьего поколения ФГОС 3, в 2014 году были введены усовершенствованные ФГОС 3+. В настоящее время готовится проект ФГОС четвертого поколения. Мировая тенденция обучения состоит в предоставлении большей свободы университетам в разработке учебных программ. Качество учебных программ должно обеспечивать совместимость, сопоставимость и конкурентоспособность на европейском пространстве, удовлетворять потребностям студентов в условиях роста международной мобильности специалистов. Методология «Tuning» предоставляет основные инструменты для разработки, реализации и оценки образовательных программ, обслуживающих все три уровня образования.

Суть «Tuning» заключается в использовании инструментов Болонского процесса для согласованного описания структуры учебного плана и образовательных программ на всех уровнях на основе компетентного подхода в девяти различных предметных областях: информационно-коммуникационные технологии, экономика и менеджмент, психолого-педагогическое образование, инженерная экология, юриспруденция, туризм, экология, иностранные языки, социальная работа.

В рамках «Tuning» необходимо получить списки компетенций, сформулированных экспертами из российских и зарубежных ВУЗов на основе европейских компетенций проекта «Tuning» с учетом российских специфических особенностей [4, 5]. Если традиционная «квалификация» специалиста подразумевала функциональное соответствие между требованиями рабочего места и целями образования, а подготовка привела к усвоению учащимся более или менее стандартного набора знаний, умений и навыков. Наличие «компетенции» у человека предполагает его способность ориентироваться в различных сложных и непредсказуемых рабочих ситуациях, для того, чтобы иметь представление о последствиях деятельности, а также нести за них ответственность. Общим для всех определений является понимание ее как свойства личности, потенциальной способности индивида справляться с различными задачами, как совокупность знаний, умений и навыков, необходимых для осуществления конкретной профессиональной деятельности.

На основании опроса респондентов, экспертов из 3 ВУЗов и 5 проектных организаций, авторами был сформирован список компетенций бакалавра строительства, готового использовать технологию информационного моделирования в профессиональной деятельности:

1. Способность получать цифровую модель объекта строительства с

использованием универсальных и специализированных систем автоматизированного проектирования.

2. Способность разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию.

3. Способность решать управленческие задачи с использованием информационно-коммуникационных технологий ( $X_1$ ).

4. Способностью принимать участие в реализации профессиональных коммуникаций в рамках проектных групп, организовывать работу малых коллективов исполнителей ( $X_2$ ).

5. Способностью анализировать рынок программно-технических средств, информационных продуктов и услуг для создания и модификации информационных систем ( $X_3$ ).

6. Способность адаптировать информационные технологии и зарубежный опыт для работы с отечественными стандартами ( $X_4$ ).

### **Исследование совокупности компетенций на полноту**

Для подготовки специалистов, владеющих технологией информационного моделирования (ТИМ-технология, BIM-технология), особенно интересной, представляется концепция CDIO (Conceive – Design – Implement – Operate), основанная на утверждении, что выпускники инженерных образовательных программ ВУЗов должны быть подготовлены к глубокому пониманию, проектированию, реализации и управлению комплексными инженерными проектами в условиях командной работы по созданию новых технических объектов и систем как готовых продуктов [6]. Методология подхода состоит в обучении инженерным навыкам в контексте жизненного цикла разработки продуктов и систем: Conceive – Design – Implement – Operate, что соответствует и концепции внедрения BIM-технологии. Технология информационного моделирования включают в себя циклы: Conceive – определение потребностей и технологий с учетом стратегии предприятия, правил разработки концепции объекта, архитектуры и инвестиционного проекта; Design – концептуальное проектирование, детальное проектирование, анализ и расчеты, подготовка документации; Build – подготовка, строительство, логистика; Operate объединяет эксплуатацию и реновацию (утилизацию) [7].

В [8, 9] (Э. Кроули и др.) показали, что компетенции оцениваются по-разному работодателями, преподавателями и студентами. Таким образом, необходимо решить проблему изменения взглядов преподаватели университетов, с целью создания «информационной среды», направленной на формирование способности к совместной работе, овладение методами информационного моделирования, выращивания лидеров, которые умеют строить команды и успешно завершать проекты. Анализ мнений преподавателей, производителей и студентов широко используется многими техническими университетами по всему миру для разработки учебных планов по стандартам CDIO, в частности, для строительных специальностей [9, 10].

Дополним полный список из 22 компетенций бакалавра строительства<sup>1</sup> четырьмя компетенциями из предложенного авторами списка. В результате анализа выявлено, что первая и вторая компетенции коррелируют с ПК-3 и ПК-14 ФГОС, поэтому в итоговый список компетенций авторами не включаются. Исследуем полноту нового полученного списка компетенций.

Оценка каждой дисциплины на соответствие компетенциям влияет на формирование основной образовательной программы ВУЗа, так как эксперт оценивает предложенные учебные дисциплины по всем компетенциям, исходя из важности этой дисциплины для формирования компетенции, включение этой дисциплины будет зависеть от каждой конкретной оценки выставленной экспертом.

Обозначим за  $Y$  готовый учебный план. Рассмотрим количественную меру влияния на него каждой компетенции. Предположим, что каждая из оцениваемых компетенций

<sup>1</sup> Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 № 201 и зарегистрированным в Министерстве юстиции Российской Федерации 07.04.2015 № 36767.

так или иначе влияет на отсутствие или включение, или исключение некоторой дисциплины в итоговом плане: информация после оценки каждой дисциплины поступает в готовый план и влияет на его содержание. Для подтверждения данного предположения используем аппарат теории информации.

Пусть в параметре  $Y$  содержится некоторое соотношение компонентов, который зависит от степени соответствия компетенции, так и от неучтенных факторов, действующих на готовый учебный план  $Y$ . Возможны три случая:

1. Влияние компетенции  $X_i$  на параметр  $Y$  отсутствует. Следовательно:

$$\begin{aligned} I(X_i \rightarrow Y/X_1 X_2 \dots X_{i-1}), \\ H(Y) = H(Y/X_1 X_2 \dots X_{i-1}), \end{aligned}$$

это случай соответствует полной неопределенности полученной информации о выходном параметре  $Y$ .

2. Информация о параметре  $Y$  полностью определяется критерием  $X_i$ :

$$\begin{aligned} H(Y) = H(Y/X_1 X_2 \dots X_{i-1}), \\ H(Y/X_1 X_2 \dots X_{i-1}). \end{aligned}$$

3. Информация о параметре  $Y$  определяется каждым из имеющихся критериев, при условии, что оценка влияния на готовый параметр  $Y$  будет осуществляться последовательно после оценки каждым критерием.

Пусть

$H(X_1), H(X_2), \dots, H(X_n)$  – количество информации каждой из компетенций;

$H(Y)$  – количество информации параметра  $Y$ ;

$I(X_n \rightarrow Y/X_1 X_2 \dots X_{n-1})$  – количество информации, переданной готовому учебному плану, после оценивания по  $n$ -ому критерию.

На основании положений теории информации получим систему уравнений для определения последовательного приращения информации, передаваемой параметру  $Y$  после оценки каждым критерием:

$$\begin{cases} I(X_1 \rightarrow Y) = H(X_1) + H(X_2) - H(X_1, X_2), \\ I(X_2 \rightarrow Y/X_1) = H(Y/X_1) - H(Y/X_1, X_2), \\ \mathbf{K} \\ I(X_n \rightarrow Y/X_1, X_2, \mathbf{K}, X_{n-1}) = H(Y/X_1, X_2, \mathbf{K}, X_{n-1}) - H(X_1, X_2, \mathbf{K}, X_{n-1}), \end{cases} \quad (1)$$

где  $I(X_n \rightarrow Y/X_1 X_2 \dots X_{n-1})$  – количество информации об учебном плане после оценки  $n$ -ым критерием его характеризующим;  $H(Y)$  – энтропия параметра  $Y$ ;  $H(Y/X_1, X_2, \dots, X_{n-1})$  – количество информации, полученное в результате воздействия на параметр  $Y$  различных неучтенных параметров.

Учитывая, что:

$$H(Y/X_1, X_2, \mathbf{K}, X_n) = H(Y, X_1, X_2, \mathbf{K}, X_n) - H(X_1, X_2, \mathbf{K}, X_n),$$

система уравнений (1) приводится к виду:

$$\begin{cases} I(X_1 \rightarrow Y) = H(X_1) + H(Y) - H(X_1, Y), \\ I(X_2 \rightarrow Y/X_1) = H(X_1, X_2) - H(X_1, X_2, Y) - H(X_1) + H(X_1, Y), \\ \mathbf{K} \\ I(X_n \rightarrow Y/X_1, X_2, \mathbf{K}, X_{n-1}) = H(X_1, X_2, \mathbf{K}, X_n) - H(X_1, X_2, \mathbf{K}, X_n, Y) - \\ - H(X_1, X_2, \mathbf{K}, X_{n-1}) + H(X_1, X_2, \mathbf{K}, X_{n-1}, Y). \end{cases} \quad (2)$$

Степень влияния на параметр  $Y$  при информационном моделировании, можно оценить с помощью коэффициента информационной связи  $R$ :

$$\begin{cases} R_i(X_1 \rightarrow Y) = \frac{I(X_1 \rightarrow Y)}{H(Y)}, \\ R_i(X_2 \rightarrow Y) = \frac{I(X_2 \rightarrow Y/X_1)}{H(Y)}, \\ \mathbf{K} \\ R_i(X_n \rightarrow Y) = \frac{I(X_n \rightarrow Y/X_1, \mathbf{K}, X_{n-1})}{H(Y)}. \end{cases} \quad (3)$$

Значимость коэффициента информационной связи  $R_i$  определяется значимостью информации. Коэффициент информационной связи является мерой определенности

процесса и обладает следующими свойствами:

1.  $R(X_n @ Y) = 1$ , если информация о параметре  $Y$  полностью определяется компетенцией  $X_i$ .
2.  $R(X_n @ Y) = 0$ , если готовый итоговый план не зависит от  $X_i$ .
3.  $0 < R(X_n @ Y) < 1$  в общем случае.

С помощью систем уравнений (2), (3) можно количественно оценить влияние каждой компетенции на формирование итогового учебного плана. Используя результаты анкетирования, последовательно вычисляется количество информации (энтропия) для каждой компетенции. Рассмотрим полученный результат только для выбранных специальных компетенций, отсутствующих в формулировке ФГОС. Подсчитав значения энтропий  $H(X_1, X_2, \dots, X_n)$ ,  $H(X_1, X_2, \dots, X_n | Y)$ ,  $H(X_1, X_2, \dots, X_{n-1})$ ,  $H(X_1, X_2, \dots, X_{n-1} | Y)$ , подставим их в систему уравнений (2) и последовательно вычислим  $I(X_n @ Y)$ . Используя полученные значения  $I(X_n @ Y)$  и систему уравнений (3) определим коэффициенты информационной связи  $R(X_n @ Y)$ . Имеем  $\hat{H}(Y) = 1,99$ . Остальные данные сведем в таблицу.

Таблица

**Фрагмент результатов расчёта энтропии компетенции**

Энтропия каждой компетенции	Количество информации на $n$ -ом шаге	Коэффициенты информационной связи
$\hat{H}(X_1) = 0,88$	$I(X_1 \rightarrow Y) = 0,09$	$R(X_1 @ Y) = 0,05$
$\hat{H}(X_2) = 1,04$	$I(X_2 \rightarrow Y) = 0,10$	$R(X_2 @ Y) = 0,05$
$\hat{H}(X_3) = 1,86$	$I(X_3 \rightarrow Y) = 0,12$	$R(X_3 @ Y) = 0,06$
$\hat{H}(X_4) = 1,78$	$I(X_4 \rightarrow Y) = 0,09$	$R(X_4 @ Y) = 0,05$

Значимость коэффициента информационной связи  $R_i$  определяется значимостью информации. Коэффициент  $R(X \rightarrow Y)$  – мера определенности процесса.

Численная оценка влияния  $X_i$  критерия на готовый контент позволила сделать вывод:  $X_1$  передает 5 % информации параметру  $Y$ ;  $X_2$  передает 5 % информации параметру  $Y$ ;  $X_3$  передает 6 % информации параметру  $Y$ ;  $X_4$  передает 5 % информации параметру  $Y$ . Просуммировав и обобщив все полученные значения имеем, что в совокупности 99,9 % информации в учебный план вкладывают все компетенции, из них 21 % составляет вклад предложенных четырех новых компетенций. На оставшиеся 0,1 % информации оказывают влияние неучтенные параметры, переданную неучтенными параметрами информацию принимаем незначимой.

Проведенный анализ показывает, что выявленную совокупность из набора компетенций бакалавра строительства, дополненную 4 специальными компетенциями можно принимать полной. Однако перечень дисциплин учебного плана не предполагает масштабной подготовки бакалавра строительства, владеющего такими компетенциями как  $X_3$  и  $X_4$ . Представляется целесообразной разработка курса, который позволит бакалаврам строительства наряду со знанием методов технологии информационного моделирования, получить начальные навыки программирования в специальных средах, проводить настройку систем автоматизированного проектирования, создавать цифровое пространство и уметь оперировать в нем, вместе с малыми группами разработчиков программного обеспечения.

### **Технологии информационного моделирования как коллективное управление информацией**

Целью использования инструментов технологии информационного моделирования на занятиях бакалавров архитектурных и строительных специальностей является развитие творческого подхода к решению задач коллективного проектирования и формирования комплексного понимания профессиональной деятельности. Трудоемкость курса – 3 кредита ECTS (Европейской системы перевода и накопления кредитов – англ. European Credit Transfer System), объем курса составляет 108 часов.

Новый курс «Информационное моделирование зданий» сначала дает студентам практическое знакомство с инструментами Revit Architecture. Вторая часть курса

посвящена организации совместной работы нескольких специалистов смежных специальностей над одним проектом. Учебный процесс основан на организации проектной деятельности малых групп (2-4 студентов) с целью создания информационной модели строительного объекта с помощью технологии информационного моделирования.

Для формирования одной из ключевых компетенций курса «способность к коллективной работе» учебный процесс должен быть построен на тесном сотрудничестве между студенческими группами. Для этого формируются команды из студентов групп различных специальностей, например, архитектура – архитектура (рис. 1), архитектура – дизайн (рис. 2), архитектура – теплогасоснабжение и вентиляция (рис. 3). В режиме коллективной работы студентами разрабатываются учебные проекты. Студенты могут обмениваться информацией о проекте и работать над общими информационными моделями зданий, вне зависимости от их местонахождения.



Рис. 1. Результат коллективной работы студентов в связке архитектура – архитектура

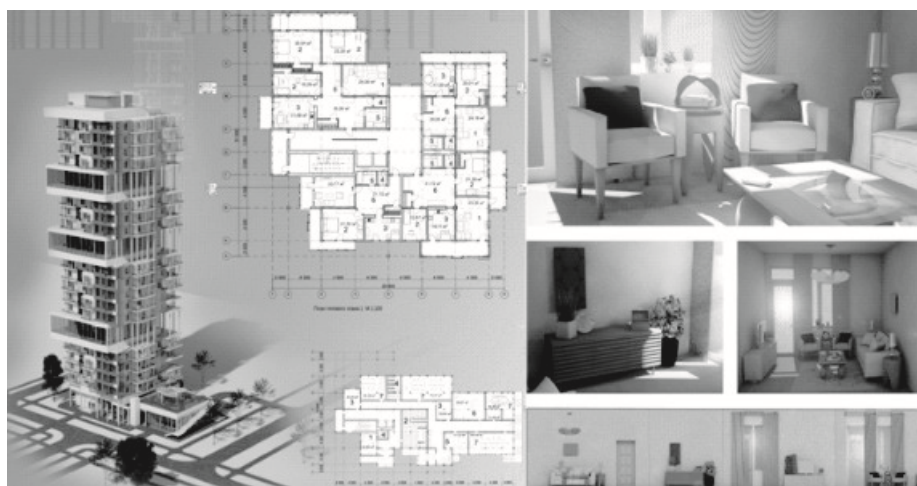


Рис. 2. Результат коллективной работы студентов в связке архитектура – дизайн

В настоящее время в рамках концепции CDIO разработано 12 стандартов, которые можно сгруппировать в шесть основных групп: концепция инженерных программ (1 стандарт); требования к формированию учебного плана (2, 3, 4 стандарты); требования к образовательной среде (5, 6 стандарты); методы обучения (7, 8 стандарты); квалификация преподавателей (9, 10 стандарты); методы оценки результатов обучения (11, 12 стандарты). Стандарты могут выступать руководством оценки качества основных профессиональных образовательных программ, а также для создания условий для их реализации и непрерывного улучшения [7]. Разработка и внедрение модуля «Информационное моделирование зданий» в учебный процесс в полной мере



соответствует положениям 5 и 6 стандартов, касающихся организации рабочего пространства и материально-технического обеспечения инженерной деятельности, реализованы в виде информационного пространства на локальном сервере вуза. Таким образом, в процессе обучения может быть реализован подход CDIO обучения ТИМ-технологии в архитектурно-строительном вузе.

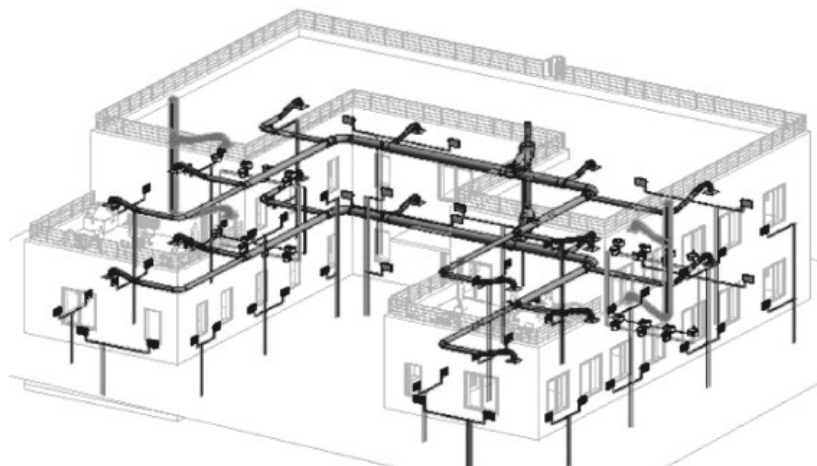


Рис. 3. Результат коллективной работы студентов в связке архитектура – теплогазоснабжение и вентиляция

### Заключение

Решение проблемы повышения качества процесса коллективного проектирования и управления в строительстве возможно на основе формирования новых компетенций у бакалавра в строительном вузе, владеющего технологией информационного моделирования в деталях и готового к инновационным изменениям в управлении строительным производством. Подход к настройке образовательных программ в строительных вузах возможен за счет расширения перечня формируемых компетенций с учетом мнения работодателей, преподавателей и студентов, введения дополнительных значимых компетенций в рабочие программы вузов по направлению «Строительство», которые связаны с созданием и модификацией информационных систем в строительной отрасли России. Выводы получены на основании научного эмпирического исследования количества информации, переданной компетенциями и коэффициента информационной связи, выявленных на основе экспертного анализа (опроса) специалистов-практиков.

Полученные авторами результаты могут быть рекомендованы к применению в строительных вузах и в строительной отрасли России.

### Список библиографических ссылок

1. Bakhareva O. V., Romanova A. I., Talipova L. F., Fedorova S. F., Shindina T. A. On the building information modeling of capital construction projects market development // *Journal of Internet Banking and Commerce*. 2016. Vol. 21. № S3.
2. Бахарева О. В. Инновационно-технологическое управление ростом: технология информационного моделирования в регионе // *Российское предпринимательство*. 2017. Т. 18. № 2. Р. 121–132.
3. Лежнина Ю. А., Хоменко Т. В. Проблемы внедрения новой информационной технологии Building Information Modeling в строительном вузе // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. 2015. № 2 (12). С. 78–82.
4. Lunev A., Petrova I., Zaripova V. Competence-based model of learning for engineers and the future of university education : dig. of art. Proceedings of the 8th International CDIO Conference / Queensland University of Technology. Brisbane, July 1-4. 2012. URL: <http://www.cdio.org/files/document/file/competencebasedengineersfutureuniversityeduca>

- tion.pdf, 892 p. (дата обращения: 01.04.2017).
5. Zaripova V., Petrova I. Engineering creativity education in Russian Universities : dig. of art. Proceedings of the SEFI Annual Conference 2014 / University of Birmingham (UK), 15-19 September 2014. URL: <http://www.sefi.be/conference-2014/0084.pdf>. (дата обращения: 01.04.2017).
  6. Crawley E. F., Malmqvist J., Lucas W. A., Brodeur, D. R. The CDIO Syllabus v 2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education : dig. of art. Proc. of the 7<sup>th</sup> International CDIO Conference / Technical University of Denmark. Copenhagen, June 20-23. 2011. 1136 p.
  7. Ануфриев Д. П., Петрова И. Ю., Шикунская О. М. Внедрение инструментов BIM в образовательный процесс строительного вуза // Перспективы развития строительного комплекса. 2015. № S1. С. 54–62.
  8. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., and Brodeur D. R. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. New York: Springer, 2007. P. 67– 68.
  9. Malmqvist J., Hugo R., Kjellberg M. A survey of CDIO implementation globally – effects on educational quality : dig. of art. Proceedings of the 11th International CDIO Conference / Chengdu University of Information Technology. Chengdu. Sichuan. P.R. China, June 8-11. 2015.
  10. Xiong G. & Lu X. A CDIO curriculum development in a civil engineering programme // World Transactions on Engineering and Technology Education. 2007. Vol. 6. №. 2.

**Lezhnina Yu.A.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [lejninou@mail.ru](mailto:lejninou@mail.ru)

**Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering**

The organization address: 414056, Russia, Astrakhan, Tatischeva st., 18

**Khomenko T.V.** – doctor of technical sciences, professor

E-mail: [t\\_v\\_khomenko@mail.ru](mailto:t_v_khomenko@mail.ru)

**Astrakhan State Technical University**

The organization address: 414056, Russia, Astrakhan, Tatischeva st., 16

### **Development of module «Building Information Modeling» on the basis of competence approach**

#### **Abstract**

*Problem statement.* The purpose of research – analysis of the impact of new technology for building information modeling on the quality of the process of collective design and management in construction.

*Results.* The main results of the research are to create an approach to setting up educational programs in construction universities, based on the analysis of the opinions of employers, teachers and students. The necessity of expanding the list of competences of the bachelors of construction is shown, in the conditions of introduction of the new technology of information modeling of buildings

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry is the completeness of the list of competences developed by the authors and the formulated proposals for their application in the construction industry.

**Keywords:** building information modeling, BIM, competency-based approach, the entropy of the system, setting the curriculum.

#### **References**

1. Bakhareva O. V., Romanova A. I., Talipova L. F., Fedorova S. F., Shindina T. A. On the building information modeling of capital construction projects market development // Journal of Internet Banking and Commerce. 2016. Vol. 21. № S3.
2. Bakhareva O. V. Innovation and technology growth management: technology of



- information modeling in the region // Rossiiskoe predprinimatelstvo. 2017. T. 18. № 2. P. 121–132.
3. Lezhnina Yu. A., Khomenko T. V. Problems of implementation of a new information technology Building Information Modeling in construction university // Inzhenerno-stroitel'nyy vestnik Prikaspiya. 2015. № 2 (12). P. 78–82.
  4. Lunev A., Petrova I., Zaripova V. Competence-based model of learning for engineers and the future of university education : dig. of art. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International CDIO Conference / Queensland University of Technology. Brisbane, July 1-4. 2012. URL: <http://www.cdio.org/files/document/file/competencebasedengineersfutureuniversityeducation.pdf>, 892 p. (reference date: 01.04.2017).
  5. Zaripova V., Petrova I. Engineering creativity education in Russian Universities : dig. of art. Proceedings of the SEFI Annual Conference 2014 / University of Birmingham (UK), 15-19 September 2014. URL: <http://www.sefi.be/conference-2014/0084.pdf>. (reference date: 01.04.2017).
  6. Crawley E. F., Malmqvist J., Lucas W. A., Brodeur, D. R. The CDIO Syllabus v 2.0. An Updated Statement of Goals for Engineering Education : dig. of art. Proc. of the 7<sup>th</sup> International CDIO Conference / Technical University of Denmark. Copenhagen, June 20-23. 2011. 1136 p.
  7. Anufriev D. P., Petrova I. Yu., Shikulskaya O. M. Implementation of BIM tools in the educational process of a construction university // Perspektivy razvitiya stroitel'nogo kompleksa. 2015. № S1. P. 54–62.
  8. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., and Brodeur D. R. Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach. New York : Springer, 2007. P. 67–68.
  9. Malmqvist J., Hugo R., Kjellberg M. A survey of CDIO implementation globally – effects on educational quality : dig. of art. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International CDIO Conference / Chengdu University of Information Technology. Chengdu. Sichuan. P.R. China, June 8-11. 2015.
  10. Xiong G. & Lu X. A CDIO curriculum development in a civil engineering programme // World Transactions on Engineering and Technology Education. 2007. Vol. 6. № 2.