

8. Радченко С. В. Информационные технологии поддержки принятия врачебных решений / С. В. Радченко // Информационные технологии в здравоохранении. – 2002. – № 13–14. – Режим доступа: <http://wiki.openhealth.ru/xwiki/bin/view/Main/Информационные+технологии+поддержки+принятия+враче+бных+решений> (дата обращения: 01.02.2024).
9. Симанков В. С. Системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений : монография / В. С. Симанков, А. А. Халафян. – Москва : Бином, 2009. – 362 с.
10. Развитие навыков мобильности у детей дошкольного возраста с детским церебральным параличом : рекомендации для родителей и специалистов детского сада / авт.-сост. : С. В. Фомичева, Л. А. Голотина. – Ирбит: Ирбитский ЦППМСП, 2020. – 22 с.

© Т. К. Куц, Л. А. Плешакова, А. В. Жирнова, М. И. Шикунский

Ссылка для цитирования:

Куц Т. К., Плешакова Л. А., Жирнова А. В., Шикунский М. И. Формализованная модель подбора технических средств реабилитации // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 2 (48). С. 85–89.

УДК 721+004.94+378.147+69.007
DOI 10.52684/2312-3702-2024-48-2-89-94

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
ПОСРЕДСТВОМ BIM-ЧЕМПИОНАТА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Н. В. Горовой, Д. В. Нижегородцев, А. А. Семенов, И. И. Суханова

Горовой Никита Владимирович, ассистент кафедры информатики, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (999) 537-23-60; e-mail: ngorovoy@lan.spbgasu.ru;

Нижегородцев Денис Валерьевич, директор лаборатории цифровых информационных моделей в строительстве, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 575-05-38; e-mail: mdvd0d@yandex.ru;

Семенов Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 575-05-49; e-mail: sw.semenov@gmail.com;

Суханова Инна Ивановна, кандидат технических наук, доцент, декан факультета инженерной экологии и городского хозяйства, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, тел.: + 7 (812) 316-35-10; e-mail: inna.suhanova@mail.ru

В работе предложена методика формирования цифровых компетенций у студентов архитектурно-строительных вузов путем организации чемпионатов по информационному моделированию зданий (BIM, ТИМ). Описаны цели и задачи чемпионата, этапы его проведения, основные организационные вопросы, приведены примеры выполняемых студентами проектов. Отмечаются основные преимущества мероприятий подобного вида, в том числе, возможность взаимодействия студентов с представителями профессионального сообщества. Методика разработана на основе шестилетнего опыта организации подобных соревнований на базе Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета. В настоящее время в BIM-чемпионате участвуют представители десяти компетенций: архитектор, генпланист, конструктор, сметчик, инженер отопления и вентиляции, инженер водоснабжения и канализации, BIM-координатор, инженер электрических систем, инженер пожарной безопасности, инженер по организации строительства. Результаты проведения BIM-Чемпионата подтверждают эффективность выбранных форм и методов организации и проведения всех его этапов.

Ключевые слова: информационное моделирование, технологии информационного моделирования, цифровые компетенции, чемпионат, подготовка кадров.

**FORMATION OF DIGITAL COMPETENCIES IN THE FIELD OF CONSTRUCTION
THROUGH THE BIM CHAMPIONSHIP
OF SAINT PETERSBURG STATE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING**

N. V. Gorovoy, D. V. Nizhegorodtsev, A. A. Semenov, I. I. Sukhanova

Gorovoy Nikita Vladimirovich, Assistant of the Department of Computer Science, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (999) 537-23-60; e-mail: ngorovoy@lan.spbgasu.ru;

Nizhegorodtsev Denis Valeryevich, Director of the Laboratory of Digital Information Models in Construction, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (812) 575-05-38; e-mail: mdvd0d@yandex.ru;

Semenov Aleksey Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (812) 575-05-49; e-mail: sw.semenov@gmail.com;

Sukhanova Inna Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering Ecology and Urban Economy, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russian Federation, phone: +7 (812) 316-35-10; e-mail: inna.sukhanova@mail.ru

The paper proposes a methodology for developing digital competencies among students of architecture and civil engineering universities by organizing championships in building information modeling (BIM). The goals and objectives of the championship, the stages of its implementation, the main organizational issues are described, and examples of projects carried out by students are given. The main advantages of events of this type are noted, including the opportunity for students to interact with representatives of the professional

community. The methodology was developed based on six years of experience in organizing similar competitions on the basis of St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU). Currently, representatives of ten competencies are participating in the SPbGASU BIM Championship: architect, general planner, designer, estimator, heating and ventilation engineer, water supply and sewerage engineer, BIM coordinator, electrical systems engineer, fire safety engineer, construction organization engineer. The results of the BIM Championship confirm the effectiveness of the chosen forms and methods of organizing all its stages.

Keywords: *information modeling, BIM, digital competencies, championship, personnel training.*

Введение

Технологии информационного моделирования (далее – ТИМ или BIM) применяются на всех этапах жизненного цикла зданий и сооружений [1]: инженерные изыскания, проектирование [2–4], анализ принятых решений, строительство [5], эксплуатация, в том числе оценка энергоэффективности эксплуатируемого объекта [6–8], реконструкция [9], капитальный ремонт, снос и утилизация. Внедрение этих технологий в значительной мере влияет на все процессы в сфере строительства [10, 11], что приводит к необходимости поиска и разработки новых подходов как в проектировании, так и в подготовке кадров.

В работе [12] авторами рассматривается модификация методики разработки организационно-технологической документации в строительстве с применением ТИМ на примере возведения вертикальных цилиндрических резервуаров с внешними площадками обслуживания. С применением новой методики предполагается повысить уровень организационно-технологической надежности строительно-монтажных работ.

А. Г. Черных и др. [13] предложены совокупные критерии по оценке конструкторских BIM-моделей, представлены протоколы оценки комиссии независимых экспертов, утвержденные при апробации на реальных моделях. Выделены основные преимущества и недостатки сформулированных критериев оценки конструкторской BIM-модели.

Распространение ТИМ в проектных и строительных организациях Российской Федерации обусловлено как возможностями этой технологии, так и общей политикой государства по цифровизации строительной отрасли (Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утверждена распоряжением Правительства РФ от 31 октября 2022 г. № 3268-р). Рынок труда, несмотря на принятый вектор развития и обновление профессиональных стандартов, оказался не готов предоставить необходимое количество специалистов в короткие сроки. Необходимость в оперативной подготовке профессиональных кадров послужила стимулом для пересмотра и расширения теоретических и практических основ профессионального образования в области строительства, включая как актуализацию образовательных программ, так и разработку новых методик обучения [14–16].

Авторами статьи [14] отмечается необходимость разработать образовательные стандарты в области информационного моделирования для вузов, в том числе, с учетом практико-ориентированных подходов.

В работе [16] выявлен ряд факторов, осложняющих переход к работе в рамках BIM. Рассматриваются варианты внедрения концепции BIM в образовательный процесс строительного вуза.

В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете (далее –

СПбГАСУ) ведется подготовка бакалавров, магистров и специалистов по многим направлениям подготовки: 07.03.01 Архитектура; 08.03.01 Строительство; 09.03.02 Информационные системы и технологии, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника; 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника; 38.03.01 Экономика; 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и др. В связи с активным развитием информационных технологий в сфере строительства (и соответствующим однозначным запросом со стороны рынка труда) для архитектурно-строительных вузов становится необходимым развивать цифровые компетенции у обучающихся.

Целью данной работы является представление методики по формированию цифровых компетенций в сфере строительства в формате чемпионата по информационному моделированию, предложенному в СПбГАСУ.

Теория и методы

При использовании технологии информационного моделирования одним из преимуществ является то, что специалисты разного профиля могут плодотворно взаимодействовать в процессе проектирования и строительства в единой информационной среде. Для обеспечения готовности специалистов к такой работе, обучение необходимым для этого знаниям и навыкам должно осуществляться еще в процессе получения образования в университете.

В настоящее время подготовка кадров в области строительства, готовых в профессиональной деятельности эффективно применять и использовать ТИМ в полном объеме и на самом современном уровне, является одной из наиболее актуальных задач при подготовке специалистов в области строительства.

Следует отметить, что для полноценного освоения ТИМ недостаточно просто научиться работать в современных программных комплексах – важно понимать саму идею информационного моделирования, насыщения элементов модели различной информацией, работы в едином информационном пространстве, преемственности всех внесенных туда данных [17, 18].

С точки зрения процесса обучения, опыт показал, что одних лишь лекций с изложением идеологии информационного моделирования недостаточно. В связи с этим, авторами предлагается дополнить образовательный процесс мероприятиями, направленными на взаимодействие будущих специалистов как непосредственно между собой, так и с потенциальными работодателями, ведущими специалистами строительной отрасли и в области применения ТИМ в строительстве.

С целью дать обучающимся такой уникальный опыт командного проектирования с применением самых передовых разработок в сфере ТИМ и повышения эффективности применения разработанной системы подготовки будущих специалистов был разработан комплекс мероприятий. В составе этого

комплекса в СПбГАСУ с 2018 года регулярно проводятся BIM-Чемпионаты, цель которых – выявление и поддержка самых перспективных обучающихся, вовлечение работодателей, проектных и IT-организаций в процесс формирования и освоения ТИМ-компетенций, а также популяризация инженерно-технического образования и привлечение молодых специалистов в процесс освоения BIM-технологий.

Основные задачи ТИМ-чемпионата можно сформулировать следующим образом:

- организация совместной деятельности студентов по разработке и проектированию объектов строительства в единой информационной среде, в процессе которой у обучающихся формируются и развиваются навыки командной работы;
- анализ уровня сформированности компетенций у обучающихся;
- повышение мотивации студентов к выстраиванию индивидуальных образовательных траекторий;
- популяризация инженерно-технического образования и привлечение молодых специалистов в процесс освоения BIM-технологий;
- вовлечение молодежи в рассмотрение конкретных задач строительной сферы и выявление на базе их предложений перспективных подходов к решению актуальных проблем развития отрасли;
- создание эффективного инструмента для компаний по формированию кадрового резерва из числа студентов, наиболее адаптированных к работе на реальном производстве.

Предлагаемая структура Чемпионата состоит из нескольких этапов:

1) для обучающихся по ряду «смежных» направлений подготовки проводятся учебные занятия в формате факультатива [19], где студенты знакомятся со всеми особенностями процесса проектирования в составе рабочей группы (72 академических часа, из них 32 – аудиторные);

2) заочный этап проведения чемпионата, в рамках которого студенты архитектурного направления подготовки разрабатывают эскизный проект информационной модели, учитывая требования к проектным разделам всей рабочей группы (примерная продолжительность – две недели, без отрыва от учебного процесса);

3) очный этап чемпионата, где студенты осваивают процесс совместной работы в рамках имитации рабочей недели в проектной организации (примерная продолжительность – пять дней, для направлений «сметы» и «организация строительства» – тоже пять дней, но со смещением на два дня вперед);

4) заключительный этап включает в себя защиты проектов, разработанных на чемпионате. Участники команды должны представить свой проект в формате презентации с докладом продолжительностью 15 мин. и ответить на возникшие у экспертного сообщества вопросы.

Факультативные занятия, проводимые преподавателями СПбГАСУ в рамках первого этапа чемпионата, организуются для обучающихся третьего

курса, и направлены на формирование необходимых компетенций в области ТИМ с учетом профессиональных задач следующих специалистов:

- архитектор;
- инженер-проектировщик генерального плана;
- инженер-конструктор;
- инженер отопления и вентиляции;
- инженер водоотведения и водоснабжения;
- сметчик;
- BIM-координатор;
- инженер электрических систем;
- инженер пожарной безопасности;
- инженер по организации строительства.

Формирование цифровых компетенций дает возможность применения полученных знаний как на учебных занятиях, так и в будущей профессиональной деятельности. Команды для участия в Чемпионате формируются из числа наиболее способных студентов, в том числе занимавшихся на факультативе, путем проведения конкурсного отбора. Формат испытания для конкурсного отбора может быть различным.

Результаты и обсуждение

Предлагаемая методика реализована следующим образом. Во время второго (заочного) этапа студент-архитектор получает техническое задание и готовит предварительную эскизную модель. Остальные члены команды готовят необходимые для чемпионата отдельные элементы моделей, а также взаимодействуют со студентом-архитектором в целях корректировки его решений в связи с потребностями своих разделов проекта.

Третий (очный) этап чемпионата проводится в формате, максимально приближенном к формату рабочего графика специалиста проектной организации (пятидневная рабочая неделя с 9 до 18 ч). Участники команды работают сообща, создавая информационные модели по каждому разделу в среде общих данных.

По окончании работы проектировщики выгружают полученный результат в облачные хранилища, придерживаясь структуры оформления документов.

На заключительном (четвертом) этапе экспертами производится оценка разработанных участниками информационных моделей; обучающиеся также презентуют и защищают разработанную модель объекта, отвечают на вопросы экспертов из числа преподавателей университета и представителей профессионального сообщества, получают замечания и рекомендации.

Данный этап предназначен для тренировки общепрофессиональных компетенций студента, так называемых Soft skills или «мягких навыков». Защита своего проекта является важным этапом в жизни любого студента, а умение качественно и грамотно презентовать результаты своей работы является важным навыком для каждого проектировщика.

Примеры выполненных в рамках BIM-Чемпионата СПбГАСУ проектов показаны на рисунках 1–2.

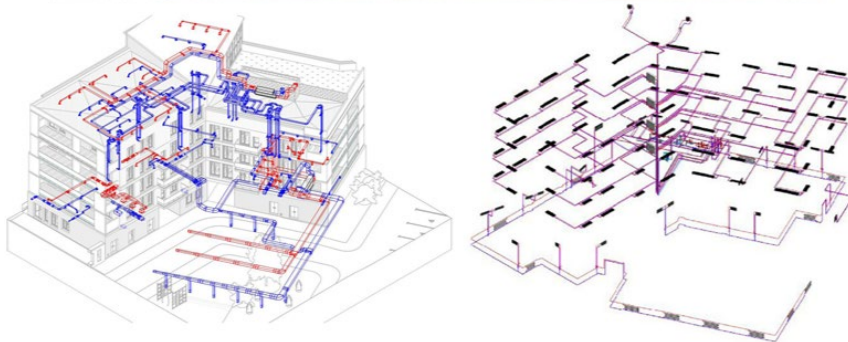


Рис. 1. Проект жилого комплекса «INCLUDE»
(авторы: А. Беляков, И. Рогаль, А. Светлицкая, М. Тегай, К. Тимуков, М. Тропилло, П. Шуров)

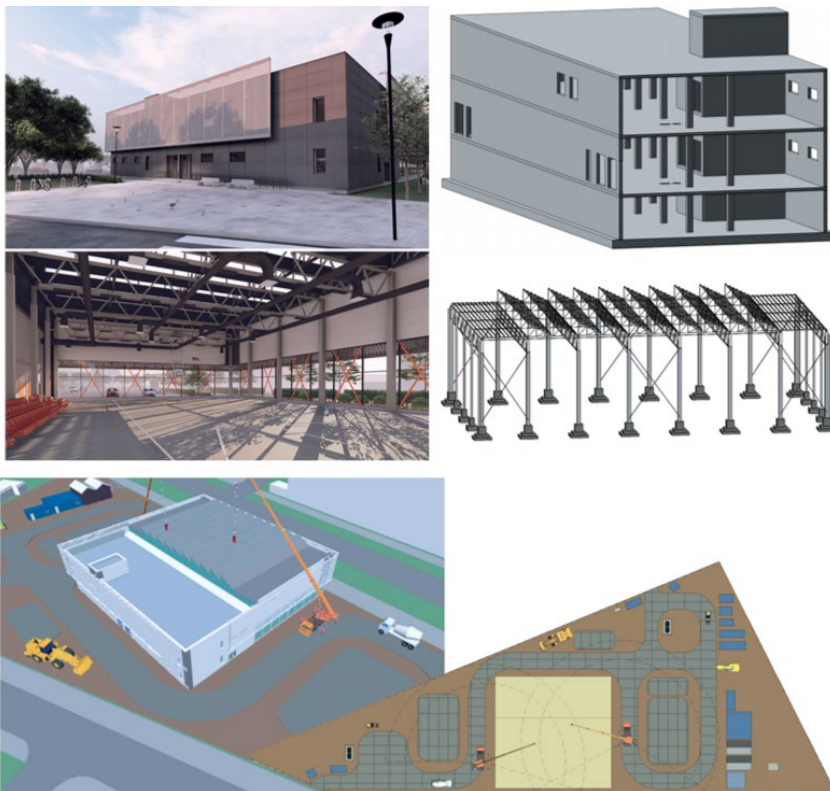


Рис. 2. Проект многофункционального спортивного центра
(авторы: И. Ахматов, И. Байдина, В. Барькин, В. Белова, В. Виноградов, М. Генералов, Е. Зверев, В. Копцев, Д. Луканин, В. Потехина)

ВМ-чемпионат СПбГАСУ проводится с 2018 года, и процесс увеличения направлений работы чемпионата (участвующих направлений подготовки,

проектных специальностей) показывает качественный рост как участников и экспертов, так и самого чемпионата. Для примера, в рамках ВМ-чемпионата

СПбГАСУ 2018 участие принимали представители всего лишь пяти компетенций: архитектор, конструктор, сметчик, инженер отопления и вентиляции, инженер водоснабжения и канализации.

В настоящее время в BIM-чемпионате СПбГАСУ участвуют представители десяти компетенций: архитектор, генпланист, конструктор, сметчик, инженер отопления и вентиляции, инженер водоснабжения и канализации, BIM-координатор, инженер электрических систем, инженер пожарной безопасности, инженер по организации строительства.

За годы проведения BIM-Чемпионата в нем приняли участие порядка 450 человек, а в рамках BIM-факультатива ежегодно проходит подготовку порядка 300–500 молодых специалистов, которые в дальнейшем выходят на рынок труда.

Стоит отметить, что для прохождения обучения на BIM-факультативе приглашаются и студенты других университетов, которые в дальнейшем планируют принять участие в BIM-чемпионате СПбГАСУ.

Заключение

В результате прохождения всех этапов BIM-чемпионата студенты получают достаточный опыт совместной деятельности по разработке и проектированию объектов строительства в единой информационной среде, в процессе которой у обучающихся формируются и развиваются навыки плодотворного взаимодействия и командной работы. Результаты проведения BIM-чемпионата подтверж-

дают эффективность выбранных форм и методов организации и проведения всех его этапов.

Совместная работа студентов в рамках BIM-чемпионата СПбГАСУ является хорошим индикатором качества обучения молодых специалистов. В процессе проведения чемпионата множество компаний-партнеров претендуют на молодых специалистов в качестве практикантов, стажеров.

Студенты, обучающиеся по реализуемой методике подготовки, не только успешно осваивают ТИМ-компетенции, но и проявляют повышенный интерес к освоению основных профессиональных компетенций, возрастает их мотивированность к обучению.

Помимо всего вышеперечисленного, сам BIM-чемпионат СПбГАСУ попал в перечень мероприятий для предоставления грантов лицам, поступившим на обучение в образовательные организации высшего образования, научные организации по грантам магистратуры, утвержденных Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Что, несомненно, свидетельствует о качестве и полезности проведения данного мероприятия в рамках подготовки молодых специалистов.

Благодарности

Работа проведена в рамках реализации проекта «Инновационная методика формирования цифровых профессиональных компетенций обучающихся и специалистов строительной отрасли» на базе Федеральной инновационной площадки ФГБОУ ВО СПбГАСУ.

Список литературы

1. Ginzburg A. Implementation of BIM-technologies in Russian construction industry according to the international experience / A. Ginzburg, L. Shilova, A. Adamtsevich, L. Shilov // Journal of Applied Engineering Science. – 2016. – Vol. 14, № 4. – P. 457–460. – doi: 10.5937/jaes14-12567. – EDN: YUVKEZ.
2. Chikovskaya I. N. Building Information Modeling-Based Engineering Systems Design / I. N. Chikovskaya, I. I. Sukhanova, K. O. Sukhanov // Lecture Notes in Civil Engineering. – Cham : Springer International Publishing, 2023. – Vol. 257. – P. 245–252. – DOI: 10.1007/978-3-030-99877-6_29.
3. Чесноков А. С. Применение BIM-технологий при проектировании высотных зданий / А. С. Чесноков, А. А. Тарасов // Строительство и недвижимость. – 2018. – № 2–1(3). – С. 125–128. – EDN: YTXZNB.
4. Гура Т. А. Использование BIM технологий в строительстве и проектировании / Т. А. Гура, О. А. Уткина // Научные труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 2. – С. 272–284. – EDN: OSHRUX.
5. Бовтеев С. В. Применение 4D-моделей для визуализации возведения сборно-монолитного каркаса здания / С. В. Бовтеев, Е. С. Евстифеева // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – DOI: 10.23968/BIMAC.2023.003. – EDN: NJATCF.
6. Lu Y. Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions / Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, Y. Li // Automation in Construction. – 2017. – Vol. 83. – P. 134–148. – DOI: 10.1016/j.autcon.2017.08.024.
7. El-Diraby T. BIM-based collaborative design and socio-technical analytics of green buildings / T. El-Diraby, T. Krijnen, M. Papagelis // Automation in Construction. – 2017. – Vol. 82. – P. 59–74. – DOI: 10.1016/j.autcon.2017.06.004.
8. Целищева В. К. Использование энергетического моделирования для повышения энергоэффективности здания / В. К. Целищева, А. Ш. Якупова, К. О. Суханов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы VI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. А. Семенова. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 395–401. – DOI: 10.23968/BIMAC.2023.055.
9. Алабин А. В. Преимущества создания проекта реконструкции, модернизации и демонтажа объектов строительства с использованием BIM технологий / А. В. Алабин, М. А. Свищева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 1. – С. 92–96.
10. Чурбанов А. Е. Влияние технологии информационного моделирования на развитие инвестиционно-строительного процесса / А. Е. Чурбанов, Ю. А. Шамара // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2018. – Т. 13, № 7 (118). – С. 824–835. – DOI: 10.22227/1997-0935.2018.7.824-835. – EDN: XUWKPR.
11. Семенов А. А. Систематизация проблем внедрения технологий информационного моделирования в строительной сфере Российской Федерации / А. А. Семенов, Ю. А. Цветков // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 6 (143). – С. 291–296. – DOI: 10.34925/EIP.2022.143.6.054. – EDN: OGEFVP.
12. Вайсман С. М. Разработка организационно-технологических решений в строительстве с использованием технологий информационного моделирования (ТИМ) / С. М. Вайсман, А. Х. Байбурин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 16, № 4. – С. 21–28. – DOI: 10.14529/build160404. – EDN: XBDEYJ.
13. Черных А. Г. Проектирование и расчет строительных конструкций с применением технологий информационного моделирования / А. Г. Черных, Д. В. Нижегородцев, А. Е. Кубасевич, В. В. Цыгановкин // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 3 (80). – С. 72–78. – DOI: 10.23968/1999-5571-2020-17-3-72-78. – EDN: OQBEFB.
14. Krivonogov A. Implementation of BIM-technologies in the educational program of the architectural university / A. Krivonogov, G. Zakharova, S. Kruglikov, S. Plotnikov // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 146. – P. 01001. – DOI: 10.1051/matec-conf/201814601001.

15. Гришина Н. М. Проблемы и перспективы обучения BIM в ВУЗах: управление развитием в строительстве / Н. М. Гришина, Ю. Ю. Чалый // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2017. – № 3 (41). – С. 277–288.

16. Семенов А. А. Интеграция концепции BIM в учебный процесс строительных вузов / А. А. Семенов // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. – С. 207–211. – EDN: YVCXVU.

17. Горовой Н. В. Анализ проблематики программного обеспечения в сфере архитектурного проектирования / Н. В. Горовой // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2023. – № 1 (43). – С. 90–94. – DOI: 10.52684/2312-3702-2023-43-1-90-94. – EDN: MWMWIP.

18. Георгиев Н. Г. Визуальное программирование в задачах моделирования строительных конструкций / Н. Г. Георгиев, К. А. Шумилов, А. А. Семенов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4 (38). – С. 117–123. – DOI: 10.52684/2312-3702-2021-38-4-117-123. – EDN: ZPSGCJ.

19. Гаврилова А. В. Межкафедраальный BIM-факультатив вуза как основа внедрения новых технологий в образовательный процесс / А. В. Гаврилова, Л. Л. Князева, В. В. Койков, О. П. Федоров // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы II Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2019. – С. 200–206. – DOI: 10.23968/BIMAC.2019.036. – EDN: IMNKYT.

© Н. В. Горовой, Д. В. Нижегородцев, А. А. Семенов, И. И. Суханова

Ссылка для цитирования:

Горовой Н. В., Нижегородцев Д. В., Семенов А. А., Суханова И. И. Формирование цифровых компетенций в сфере строительства посредством BIM-чемпионата Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 2 (48). С. 89–94.

УДК 004.94

DOI 10.52684/2312-3702-2024-48-2-94-98

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ МАЛЫХ ВЫБОРОК
В ЗАДАЧАХ ОЦЕНИВАНИЯ ОПРЕДЕЛЯЮЩЕГО ПАРАМЕТРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

Р. З. Хайруллин, С. И. Зубков

Хайруллин Рустам Зиннатулович, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Главный научный метрологический центр Минобороны России; профессор кафедры фундаментального образования, Московский государственный строительный университет; профессор кафедры обработки информации и систем управления, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (926) 405-22-17; e-mail: zrkzrk@list.ru;

Зубков Святослав Иванович, начальник лаборатории, Главный научный метрологический центр Минобороны России, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (916) 163-01-48; e-mail: swyat2007@yandex.ru

Рассмотрены методы статистического анализа малых выборок: метод прямоугольных вкладов, метод дельта – образных вкладов, а также метод статистического моделирования. Описан алгоритм построения оценки функции распределения, основанный на замене каждой реализации малой выборки нормированным прямоугольником (нормированной дельта – образной функцией). Представлена процедура оценки близости построенной оценки априорно – эмпирической функции к самой функции распределения на основе критерия Колмогорова. Описана технология применения метода статистического моделирования. Представлены результаты решения задачи статистического оценивания функции распределения определяющего параметра средств измерений и статистических моментов первого и второго порядка разными методами. Проведен сравнительный анализ полученных результатов.

Ключевые слова: малая выборка, определяющий параметр, средство измерений.

**DEVELOPMENT AND APPLICATION OF METHODS OF THEORY OF LITTLE SAMPLES
IN THE TASK OF ESTIMATION OF KEY PARAMETER OF MEASURING DEVICE**

R. Z. Khayrullin, S. I. Zubkov

Khayrullin Rustam Zinnatulloevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Main Scientific Metrological Center of the Russian Ministry of Defense; Professor of the Department of Fundamental Education, Moscow State University of Civil Engineering; Professor of the Department of Information Processing and Control Systems, Moscow State Technical University. N. E. Bauman, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (926) 405-22-17; e-mail: zrkzrk@list.ru;

Zubkov Svyatoslav Ivanovich, Head of Laboratory, Main Scientific Metrological Center of the Russian Ministry of Defense, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (916) 163-01-48; e-mail: swyat2007@yandex.ru

The methods of statistical analysis of small samples are considered: the method of rectangular contributions, the method of delta-shaped contributions and the method of statistical simulation. The algorithm of constructing the distribution function estimation based on replacing each realization of a small sample by a normalized rectangle (delta - shaped function) is described. The procedure for evaluating the closeness of the constructed estimate of the a priori empirical function to the distribution function itself based on the Kolmogorov criterion is presented. The technology of application of statistical simulation method is described. The results of solving the problem of statistical estimation of the distribution function of the determining parameter of measuring instruments and statistical moments of first and second orders by means of different methods are presented. The comparative analysis of the obtained results is carried out.

Keywords: small sample, defining parameter, measuring instrument.