

УДК 69.003

**А. А. Плахутина, М. Н. Шугова**

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)  
имени М. И. Платова*

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ (BIM) ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ В СЕЙСМИЧЕСКОМ РАЙОНЕ**

Информационное моделирование зданий (BIM) стало новой технологией во всем мире. Нехватка средств, перерасход бюджета и времени устраняются путем замены традиционных нецифровых методов на интегрированное управление. Обзор литературы выявил ключевые проблемы, связанные с использованием технологий информационного проектирования. Также в данной статье представлено информационное моделирование промышленного здания в трех программных комплексах.

**Ключевые слова:** строительство, информационное моделирование зданий, имплементация BIM в строительстве, строительные программы, моделирование.

Информационное моделирование зданий (BIM) значительно повлияло на строительную отрасль. Многие строительные фирмы сообщили о значительных конкурентных преимуществах после внедрения данных технологий. Существующие программные комплексы, например такие, как AutoCAD Architecture, Autodesk Revit, Renga, Civil 3D и т. д., быстро находят применение в строительной индустрии. Концепция информационного моделирования зданий (BIM), связанные с ней методы и технологии были реализованы для устранения нехватки средств, перерасхода бюджета и времени, путем замены традиционных нецифровых методов на интегрированное управление информацией о проектировании, строительстве, эксплуатации и техническом обслуживании. Достижения в области программных и аппаратных технологий были основными факторами, способствовавшими развертыванию и развитию BIM [1]. Примеры таких технологий включают объектно-ориентированное и параметрическое моделирование, автоматическое проектирование, проверку качества и соответствия, функциональную совместимость и т. д. Некоторые исследования направлены на создание и достижение устойчивой модели BIM для применения в проектах на протяжении всего их жизненного цикла [2].

Несмотря на множество преимуществ, которые предлагает BIM, его потенциал реализован не полностью. Основная причина этого может заключаться в трудностях внедрения на организационном уровне, так как это процесс, требующий значительных изменений в организационной структуре организаций [3]. На основании существующих исследований можно выявить основные факторы, способствующие имплементации. К ним относятся стратегические инициативы, способность к обучению, восприимчивость знаний, возможность использования ИТ, методы управления изменениями.

Быстрое развитие технологий продолжает способствовать изменениям и инновациям в строительной отрасли [4]. Многие строительные программы стремятся предоставить учебные курсы и исследования, актуальные для отрасли. Поэтому современному предприятию необходимо постоянно инвестировать средства в повышение уровня программного обеспечения [5].

Приобретая опыт использования новых инструментов и процессов, строительные фирмы меняют свои ожидания от выпускников университетов [6]. Наиболее распространенным и успешным способом внедрения BIM-технологий в учебный процесс вузов в России и ближнем зарубежье является создание факультативов: так студент может погрузиться в проблематику BIM и получить опыт междисциплинарного проектирования [7]. Также необходимо знакомить проектировщиков с проблемой организации, внедрения и использования BIM [8]. В исследовании [9] рассматривается разработка инновационной учебной программы с поддержкой BIM, которая объединяет концепции управления строительством в экспериментальном обучении на основе реальных данных проекта строительства.

Несмотря на быстрое распространение информационного моделирования зданий (BIM), большинство проектов по-прежнему выполняется в среде смешанных проектов: двухмерное (2D) рисование и BIM [10]. Существуют исследования о том, что направленность BIM на архитектурные проблемы является недостатком, так как для проведения расчета конструкций необходимо использование других программ [11].

С точки зрения управления корпорацией внедрение BIM позволяет более эффективно общаться и сотрудничать внутри организации и с внешними заинтересованными сторонами [12]. Возможность ведения совместной работы позволяет работать над одним проектом в единой информационной среде специалистам из разных городов и даже стран [13]. Такой подход дает возможность одновременной работы разных специалистов всевозможных сфер в одном файле и оперативного обмена информацией в полном объеме [14]. При внесении изменений в геометрию или данные информационной модели обеспечивается одновременное автоматизированное обновление всех взаимосвязанных видов, данных, параметров и документов [15].

Быстрое развитие технологий продолжает способствовать изменениям и инновациям в строительной отрасли во всем мире. Результаты обзора исследований показали, что наиболее значимыми факторами, влияющими на развитие BIM, являются опыт и навыки. Необходимость сокращения времени на этапе проектирования, повышение производительности позволяет всем заинтересованным сторонам инжиниринга легче и эффективнее получать доступ к данным для достижения целей проекта на оптимальном уровне.

Апробация системы информационного моделирования была проведена на BIM-проектировании промышленного здания в ПК Autodesk Revit. Промышленное здание — строящийся деревообрабатывающий цех в сейсмическом районе Республики Ингушетия (расчетная сейсмичность площадки строительства 8 баллов).

Фундаменты деревообрабатывающего цеха — столбчатые, из монолитного железобетона. Между столбчатыми фундаментами укладываются полнотелые бетонные стеновые блоки по песчано-гравийной подготовке.

Наружные стены и перегородки выполнены из трехслойных панелей типа сэндвич-профилей с утеплителем. Перегородки в санузле и кладовой уборочного инвентаря кирпичные, самонесущие в пределах этажа, толщиной 120 мм, армированные по всей длине.

Колонны деревообрабатывающего цеха запроектированы из двутавра 26Ш1. Шаг колонн 6 м.

Несущие конструкции покрытия — стропильные фермы пролетом 12 м, высотой в коньке 2 м. В уровне верхнего пояса расположены металлические прогоны покрытия из швеллера № 16. Опираение ферм покрытия шарнирное.

Жесткость каркаса обеспечивается установкой вертикальных порталных связей между колоннами.

Жесткость покрытия обеспечивается установкой вертикальных связей по верху стропильных ферм и системой горизонтальных связей по нижнему поясу ферм.

В торце производственного цеха устанавливаются фахверковые колонны из квадратной трубы 200 × 8.

Обрамление ворот, оконных и дверных проемов из квадратной трубы 100 × 4 и гнутого швеллера 100 × 50 × 3.

Внутри деревообрабатывающего цеха устанавливаются стойки под перегородки из двутавра 20Ш1.

На рис. 1—5 приведены видовые экраны из программы Autodesk Revit со зданием цеха.

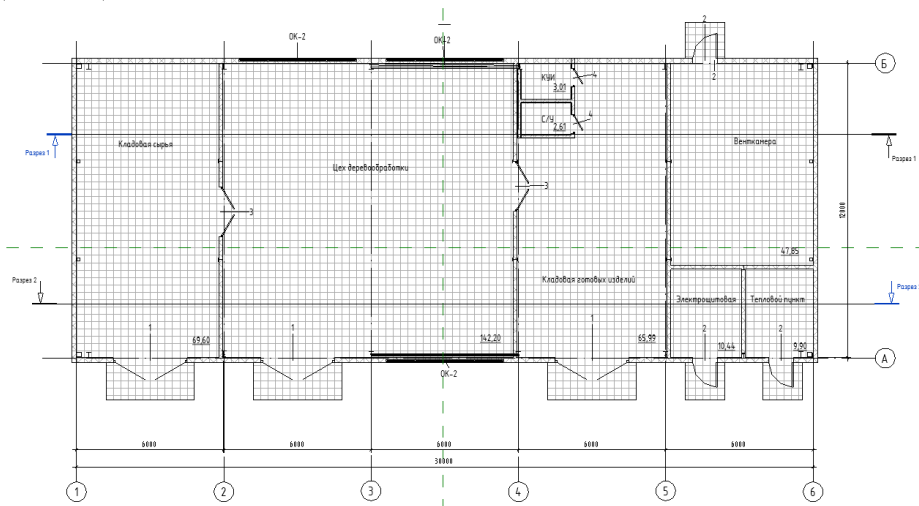


Рис. 1. План здания

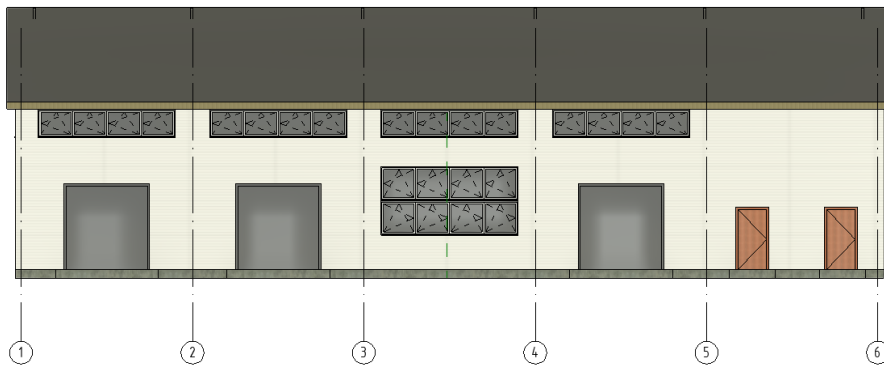


Рис. 2. Фасад 1—6



Рис. 3. Фасад 6—1

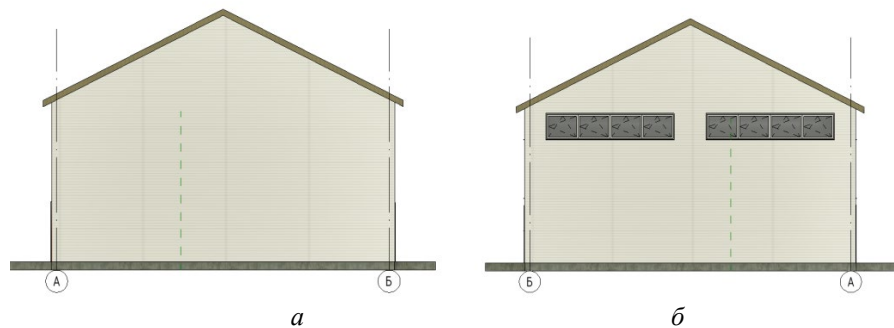


Рис. 4. Фасады боковые: *а* — фасад А—Б; *б* — фасад Б—А

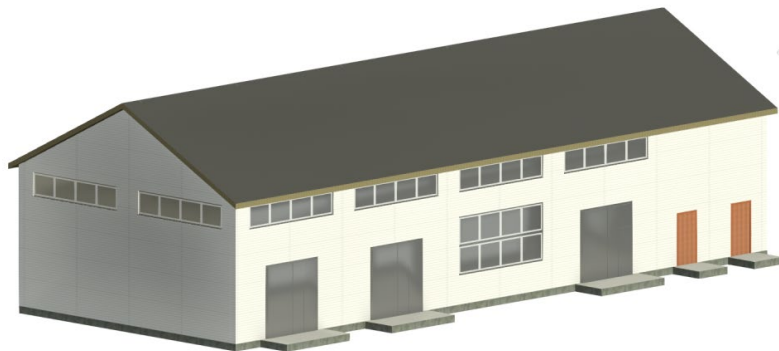


Рис. 5. Общий 3d-вид

Информационная модель каркаса из Autodesk Revit была перенесена в ПК Autodesk Advance Steel. Обладая расширенными возможностями моделирования металлического каркаса в Autodesk Advance Steel, данный ПК имеет широкую базу встроенных параметрических узлов соединений. При моделировании задаются геометрия, а также материал конструкции, покрытие, название марки КМ и т. д. Автоматическое построение типовых узлов повышает качество работы и ее скорость. Существует проверка модели на обнаружение коллизий конструкций. На рис. 6—10 представлены видовые экраны из программы Autodesk Advance Steel.

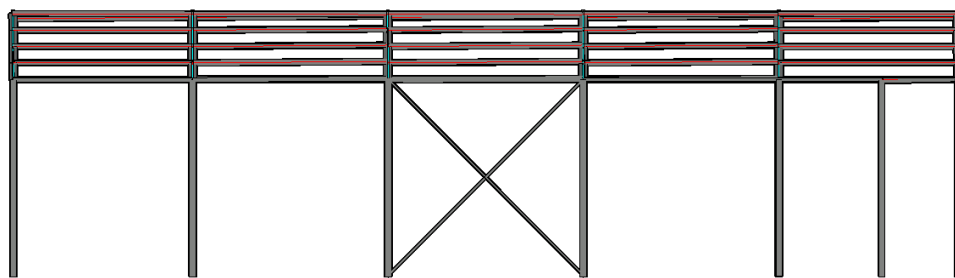


Рис. 6. Несущий каркас по осям 1—6

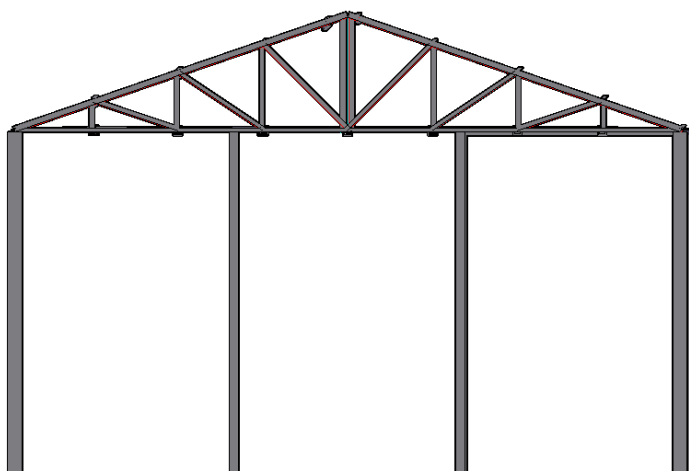


Рис. 7. Несущий каркас по осям А—Б

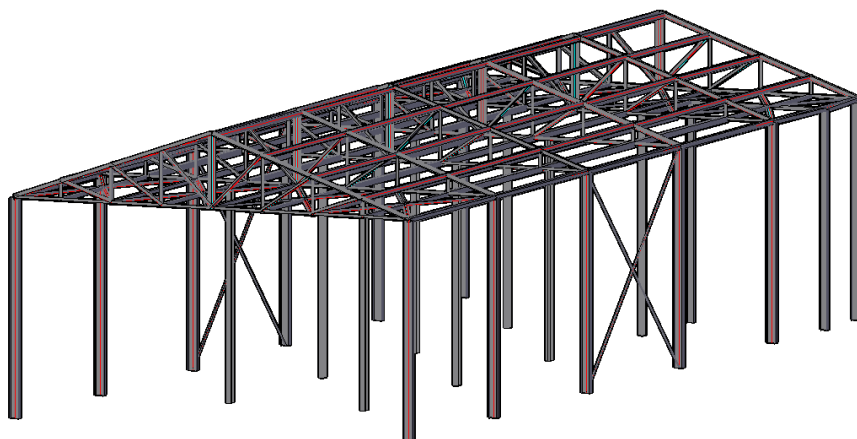


Рис. 8. Общий вид металлоконструкций каркаса

Затем модель была интегрирована в расчетный комплекс Structure Cad для проверки сечений на соответствие нормативным требованиям. Исходные данные для расчета показаны на рис. 9 и 10.

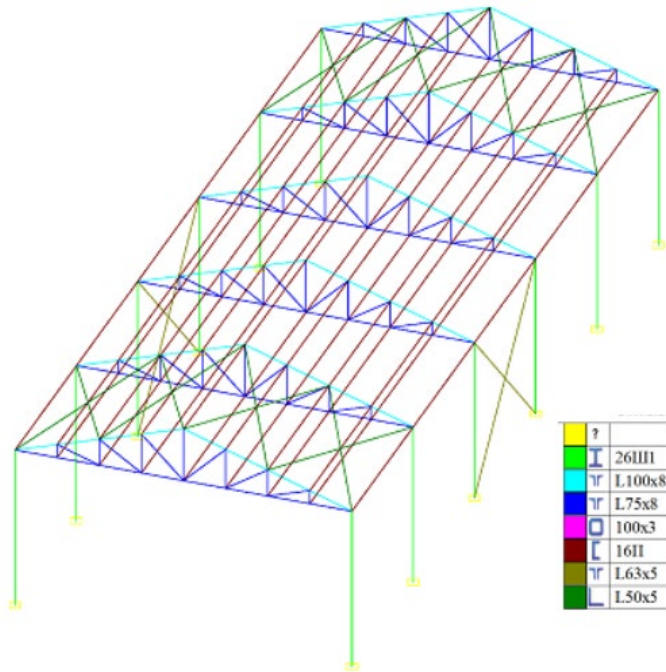
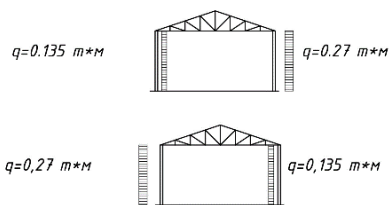


Рис. 9. Жесткости и связи элементов

*Схема нагрузок на раму*



*Схема нагрузок на ферму Ф1*

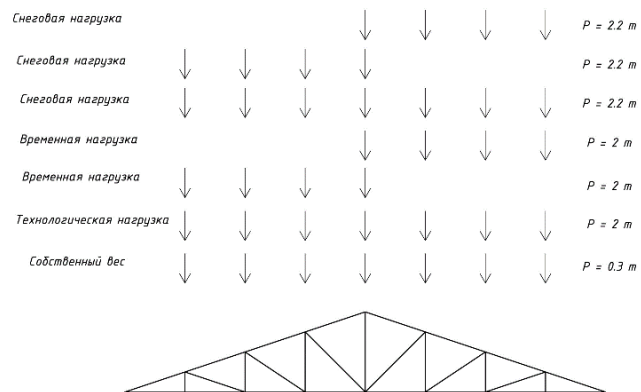


Рис. 10. Схема нагрузок на каркас

Были рассмотрены следующие загрузки:

- загрузка 1 — постоянная нагрузка от собственного веса несущих конструкций (рис. 11, *a*);
- загрузка 2 — постоянные нагрузки от собственного веса ограждающих конструкций (рис. 11, *б*);
- загрузка 3 — полезная нагрузка (временная);
- загрузка 4 — снеговая нагрузка полная;
- загрузка 5 — снеговая нагрузка справа;
- загрузка 6 — снеговая нагрузка слева;
- загрузка 7, 8 — средняя составляющая ветрового давления;
- загрузка 9, 10 — ветровая нагрузка с учетом пульсаций;
- загрузка 11 — сейсмика по  $X$ ;
- загрузка 12 — сейсмика по  $Y$ .

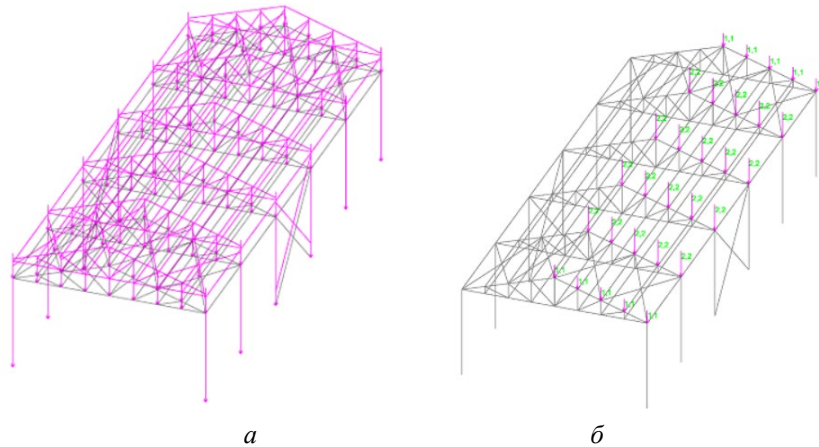


Рис. 11. Схемы нагружения: *a* — постоянной нагрузкой от несущих конструкций; *б* — снеговой нагрузкой справа

Для оценки наиболее неблагоприятной комбинаций загрузений в программном комплексе реализована система РСУ (расчетных сочетаний усилий), предназначенная для вычисления перемещений в узлах и усилий (напряжений) в элементах от стандартных и произвольных линейных комбинаций загрузений. Под стандартными линейными комбинациями подразумеваются комбинации (сочетания), которые установлены нормативными документами.

Результаты расчета представлены следующим образом:

- перемещения на рис. 12;
- внутренние усилия на рис. 13;
- коэффициенты использования сечений на рис. 14.

Максимальный коэффициент использования элементов составил 0,997.

При помощи программы Autodesk Advance Steel также были выполнены чертежи марки КМ и КМД, рассчитаны спецификации металлов.

В ходе данного исследования была построена информационная модель промышленного здания в ПК Autodesk Revit и детально проработан несущий стальной каркас в ПК Autodesk Advance Steel, произведен расчет в ПК StructureCad.



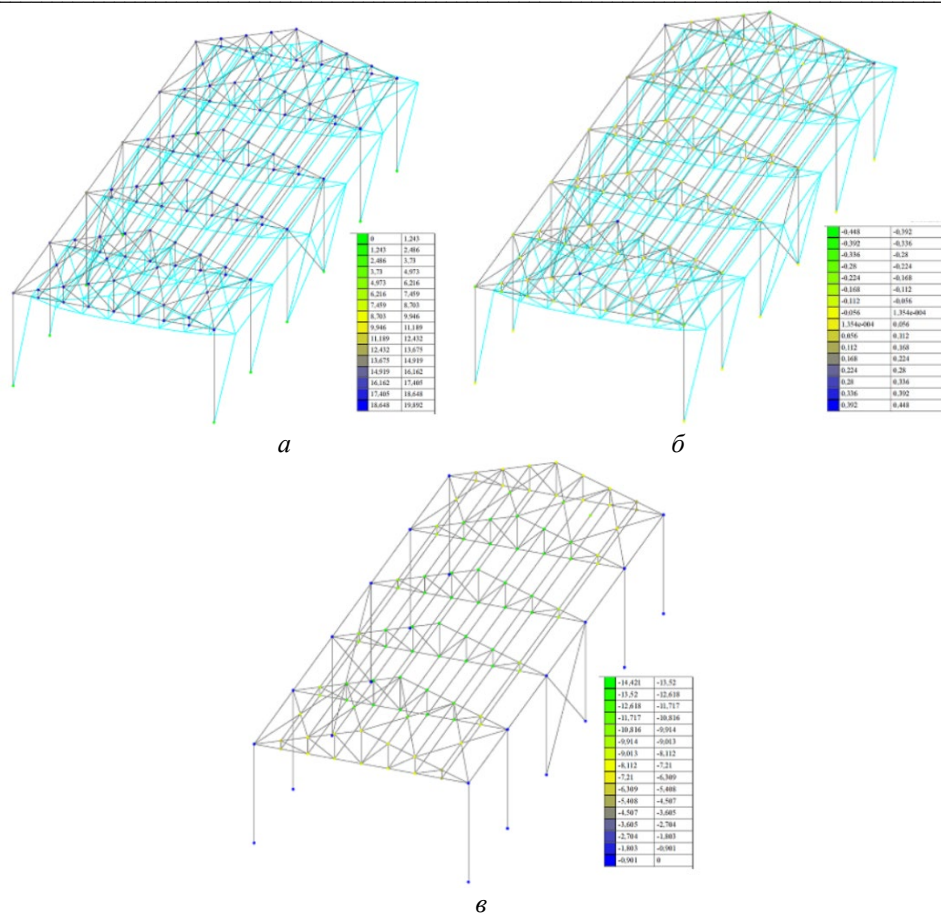


Рис. 12. Перемещения, мм, по осям: *a* — *X*; *б* — *Y*; *в* — *Z*

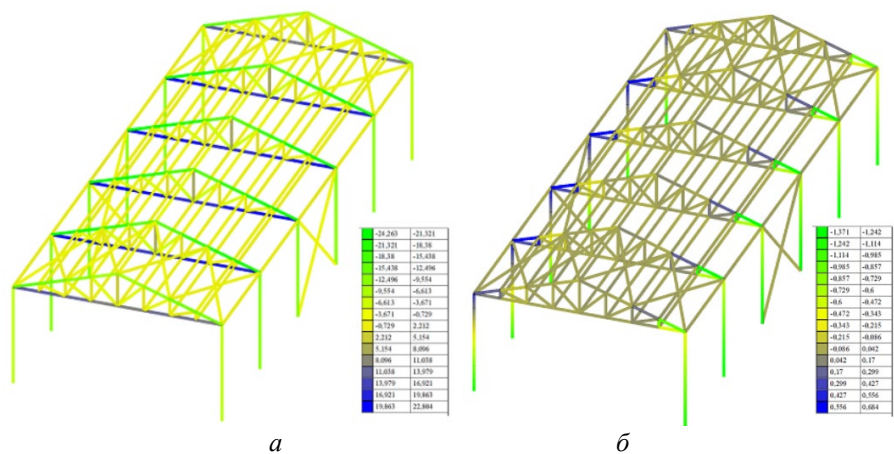


Рис. 13. Цветовая схема распределения внутренних усилий, т: *a* — *N*; *б* — *Q*



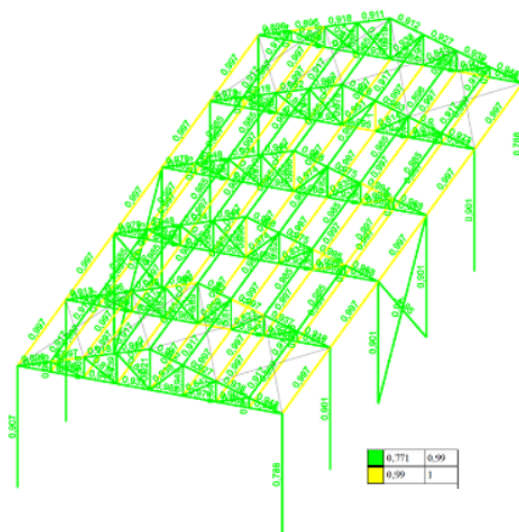


Рис. 14. Коэффициенты использования элементов

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lee G., Borrman A. BIM policy and management // *Construction Management and Economics*. 2020. Vol. 38. No. 5. Pp. 413—419. DOI: 10.1080/01446193.2020.1726979.
2. Mohammed A. B. Applying BIM to achieve sustainability throughout a building life cycle towards a sustainable BIM model // *International Journal of Construction Management*. 2019. Pp. 1—18. DOI: 10.1080/15623599.2019.1615755.
3. Building Information Modelling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: a systematic literature review / B. Abbasnejad, et al. // *Architectural Engineering and Design Management*. 2020. Pp. 1—23. DOI: 10.1080 / 17452007.2020.1793721.
4. Takim R., Harris M., Nawawi A. H. Building information modeling (BIM): a new paradigm for quality of life within architectural, engineering and construction (AEC) industry // *Procedia — social and behavioral sciences*. 2013. Vol. 101. Pp. 23—32.
5. Черных М. А., Якушев Н. М. BIM-технология и программные продукты на его основе в России // *Вестн. ИЖГТУ им. М. Т. Калашникова*. 2014. № 1(61). С. 119—121.
6. Ku K., Taiebat M. BIM experiences and expectations: the constructors' perspective // *International Journal of Construction Education and Research*. 2011. Vol. 7. No. 3. Pp. 175—197. DOI: 10.1080/15578771.2010.544155.
7. Ханин А. В., Махуев Б. Е. Проблемы внедрения технологий BIM в архитектурно-строительное образование // *BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы III Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 15—17 апр. 2020 г.* СПб.: Санкт-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т, 2020. С. 75—80. DOI: 10.23968/BIMAC.2020.008.
8. Яковлева С. А. Преимущества и недостатки использования BIM при проектировании // *StudArctic Forum*. 2017. Т. 3. № 7(7). С. 64—68. DOI: 10.15393/j102.art.2017.1501.
9. Olowa T., Witt E., Lill I. Building information modelling (BIM) — enabled construction education: teaching project cash flow concepts // *International Journal of Construction Management*. 2021. Pp. 1—12. DOI: 10.1080/15623599.2021.1979300.
10. Park J. H., Lee G. Design coordination strategies in a 2D and BIM mixed-project environment: social dynamics and productivity // *Building research & information*. 2017. Vol. 45. No. 6. Pp. 631—648.
11. Волков М. Д., Романович М. А., Кириллова Д. Ю. Вопросы внедрения и использования BIM-технологий в организациях // *Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 29—30 нояб. 2018 г.* Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. ун-т, 2019. С. 157—164.

12. *Lindblad H., Vass S.* BIM implementation and organizational change: a case study of a large Swedish public client // *Procedia Economics and Finance*. 2015. Vol. 21. Pp. 178—184. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00165-3.

13. *Червова Н. А., Лепешкина Д. О.* Коллизии инженерных систем при проектировании в BIM платформах // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2018. № 3(66). DOI: 10.18720/CUBS.66.2.

14. *Лисицина К. В.* Особенности и сложности внедрения BIM-технологий в российских компаниях // *Теория и практика управления в строительстве : темат. сб. науч. тр. СПб. : Санкт-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т, 2021. С. 177—188.*

15. *Кожевникова М. К., Маврина И. Н., Талалаева М. М.* Повышение эффективности строительства за счет внедрения новых технологий на примере BIM-технологии. Проблемы внедрения и способы их решения // *Тенденции развития науки и образования*. 2021. № 72-1. С. 58—61. DOI: 10.18411/lj-04-2021-11.

© *Плахутина А. А., Шутова М. Н., 2022*

*Поступила в редакцию  
в январе 2022 г.*

*Ссылка для цитирования:*

*Плахутина А. А., Шутова М. Н.* Информационное моделирование (BIM) промышленного здания в сейсмическом районе // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2022. Вып. 1(86). С. 357—366.

*Об авторах:*

**Плахутина Александра Александровна** — магистрант, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова. Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132; [Sasha-plah87@ya.ru](mailto:Sasha-plah87@ya.ru)

**Шутова Марина Николаевна** — канд. техн. наук, доц. каф. промышленного, гражданского строительства, геотехники и фундаментостроения, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М. И. Платова. Российская Федерация, 346428, г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132; [subbotin\\_ai@mail.ru](mailto:subbotin_ai@mail.ru)

**Aleksandra A. Plakhutina, Marina N. Shutova**

**Platov South Russian State Polytechnic University (NPI)**

## INFORMATION MODELING (BIM) OF AN INDUSTRIAL BUILDING IN A SEISMIC AREA

Building Information Modeling (BIM) has become a new technology worldwide. Lack of funds, budget overruns and time are eliminated by replacing traditional non-digital methods with integrated management. A review of the literature revealed the key problems associated with the use of information design technologies. Also, this article presents information modeling of an industrial building in three software complexes.

**Key words:** construction, building information modeling, BIM implementation in construction, construction programs, modeling.

*For citation:*

Plakhutina A. A., Shutova M. N. [Information modeling (BIM) of an industrial building in a seismic area]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 1, pp. 357—366.

*About authors:*

**Aleksandra A. Plakhutina** — Master's Degree student, Platov South Russian State Polytechnic University (NPI). 132, Prosveshcheniya st., Novocherkassk, 346428, Russian Federation; [Sasha-plah87@ya.ru](mailto:Sasha-plah87@ya.ru)

**Marina N. Shutova** — Candidate of Engineering Sciences, Platov South Russian State Polytechnic University (NPI). 132, Prosveshcheniya st., Novocherkassk, 346428, Russian Federation; [subbotin\\_ai@mail.ru](mailto:subbotin_ai@mail.ru)