

## Особенности экспорта BIM модели из Autodesk Revit в SCAD++

© М. А. Ермакова, Е. А. Селезнёва, Е. В. Зеньков, В. П. Яценко

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация*

**Аннотация.** В статье рассмотрены этапы обмена цифровыми данными при передаче информационной модели здания (BIM-модели) в вычислительную программу конечно-элементного моделирования (CAE-систему) для выполнения конструктивного расчета. На примере созданной информационной модели в ПО Autodesk Revit поясняются преимущества и недостатки процесса передачи BIM-модели в известный расчетный комплекс, широко используемый в строительной отрасли, SCAD++. Экспорт BIM-модели производится с применением надстройки SCAD-Форум, используемой для передачи информационной модели из Autodesk Revit в формат данных, удобный для SCAD++. Приведено подробное описание процесса экспорта BIM-модели на примере промышленного здания с каркасной конструктивной схемой, включающей несущие вертикальные элементы – железобетонные колонны КР 96, а конструкция покрытия – металлические фермы, на которые опираются плиты покрытия. Дается описание необходимых операций-корректировок, требующихся при проведении стандартного процесса обмена данными из Autodesk Revit в SCAD++. Осуществляется контроль и корректность жесткостных характеристик BIM-модели. Выполнен тестовый конструктивный расчет фрагмента экспортированной BIM модели. В конструктивном расчете принято, что колонны имеют жесткое закрепление, фермы крепятся к колоннам шарнирно. Крепление стоек и раскосов ферм к нижнему поясу ограничивается поворотом во всех направлениях. Нагрузка прикладывается в виде собственного веса конструкции и снеговой нагрузки на покрытие.

**Ключевые слова:** BIM моделирование, редактор SCAD-Форум, обмен данными

## Features of BIM model export from Autodesk Revit to SCAD++

© Maria A. Ermakova, Elizaveta A. Seleznyova, Evgeniy V. Zenkov, Vladimir P. Yaschenko

*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation*

**Abstract.** The article discusses the stages of digital data exchange when transferring a building information model (BIM model) to a finite element modeling computer program (CAE system) to perform a structural calculation. On the example of the information model created in the Autodesk Revit software, the advantages and disadvantages of the process of transferring a BIM model to a well-known calculation system widely used in the construction industry, SCAD ++, are explained. The BIM model is exported using the SCAD-Forum add-on, which is used to transfer the information model from Autodesk Revit to a data format convenient for SCAD ++. A detailed description of the process of exporting a BIM model is given on the example of an industrial building with a frame structural scheme, including load-bearing vertical elements - reinforced concrete columns KR 96, and a roof structure - metal trusses on which the roof slabs rest. The description of the necessary operations-adjustments required during the standard process of data exchange from Autodesk Revit to SCAD ++ is given. The control and correctness of the stiffness characteristics of the BIM model is carried out. A test structural analysis of a fragment of the exported BIM model was performed. In the constructive calculation, it is assumed that the columns are rigidly fixed; the trusses are hinged to the columns. Fastening the racks and braces of the trusses to the lower chord limits the rotation in all directions. The load is applied in the form of the own weight of the structure and the snow load on the pavement.

**Keywords:** BIM modeling, SCAD-forum editor, data exchange

При проектировании зданий и сооружений существует проблема оптимизации и снижения временных затрат на информационное моделирование. Основная особенность проектирования строительных конструкций – необходимость проводить прочностные расчеты, в основе проведения которых используется известный метод конечных элементов. В стандартной ситуации этапы проведения расчетов включают следующее позиции: в расчетной программе строится общая схема каркаса связей, задаются связи, жесткости,

генерируется конечно-элементная сетка, проводится сбор нагрузок и проводится расчет, результатом которого являются вычисленные значения усилий и напряжений [1–5]. Если здание уникальное, либо оно обладает большим объемом, то стандартный расчет требует больших временных затрат. Поэтому становится актуальной задача интеграции форматов обмена данными программ моделирования (CAD-систем) и программ расчетного обоснования (CAE-систем). Особенно остро такая задача стоит в строительной от-

расли, где широкое применение получили технологии информационного моделирования (BIM-проектирование). Повышенный интерес к данной ситуации приводит и факт того, что после выхода в свет 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» [6] уже с 1 января 2022 года формирование и ведение информационной модели объектов капитального строительства становится обязательным для объектов госзаказа.

Информационная модель в строительстве создается, как правило, в таких компьютерных программах как Revit, ArchiCAD, Renga, Tekla и прочие, но они не дают возможности расчетного обоснования конструкций, что требует применения специальных расчетных программ. К ним относятся по большей части SCAD++ Office, ЛИРА, в меньшей – Ansys, Nastran. Особенность указанных программ в том, что они создавались в разное время и в большей степени не адаптированы для работы с BIM-моделями, но именно с этими расчетными программами приходится иметь дело при информационном моделировании зданий [7–11].

В настоящее время актуальной технической задачей является экспорт информационной модели зданий из Revit в расчетную программу, в частности, в SCAD++ Office. Существуют разные варианты экспорта из Revit в программный комплекс SCAD++ [1, 9, 14]. В данной работе рассмотрено применение

надстройки для экспорта модели из Revit в формат, «читаемый» SCAD++ через редактор SCAD-Форум. Редактор SCAD-Форум предусмотрен разработчиками SCAD++ для упрощения создания расчетных схем – в нем создается укрупненная схема.

Стандартный интерфейс Revit не включает в себя функции для прямого экспорта модели в SCAD++. Но такой процесс передачи данных возможен, поскольку в сети Интернет доступны для скачивания файлы надстройки для Revit версии 2017 года и выше, а также она автоматически появляется при переустановке SCAD Office. При установке надстройки появляется новая функция «Export to SCAD++» на вкладке «Надстройки» (рис. 1).

Для изучения работы надстройки SCAD-Форум была создана тестовая информационная модель в Revit. Она представляет собой промышленное здание с каркасной конструктивной схемой. Несущие вертикальные элементы – железобетонные колонны КР 96. Конструкции покрытия представляют собой металлические фермы, на которые опираются плиты покрытия (рис. 2).

При экспортировании построенной информационной модели из Revit в SCAD++ необходимо элементам, которые требуется перенести в расчетную модель для SCAD++, задать свойство «Несущие конструкции» во вкладке «Свойства», а также поставить галочку напротив пункта «Включить аналитическую модель». Аналитическая модель – представление физической модели несущей конструкции, состоящей из аналитических элементов, геометрии, свойств материалов и нагрузки. При создании физической модели аналитическая модель создается автоматически, которая экспортируется в программу для расчета и проектирования несущей конструкции. Модель, которую экспортируем в

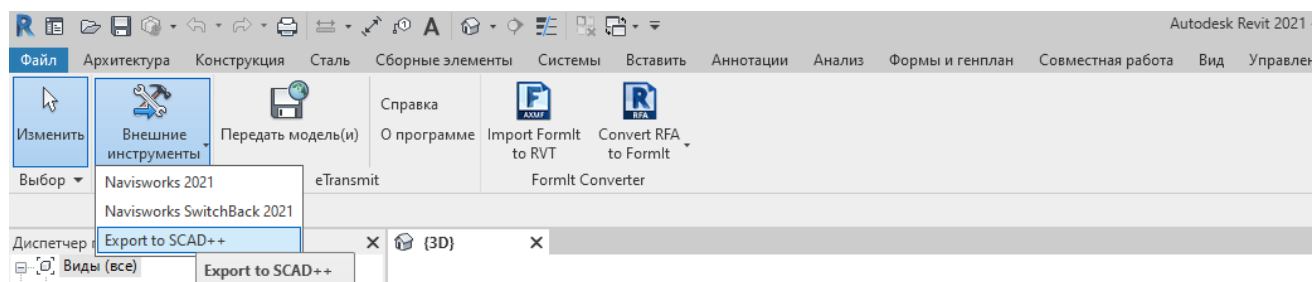


Рис. 1. Надстройка в Revit

расчетный комплекс, представлена на рис. 3, в данном примере она включает колонны, связи, подкрановые балки, фермы и плиты покрытия [13,14].

Результатом экспорта является обменный файл формата .r2s, содержащий следующие данные: о координатах и наложенных связях – для узлов, передаются данные о геометрии (координаты начала и конца), ориентации местных осей, шарнирах и параметрах попе-

речного сечения – для стержневых элементов, данные о геометрии, (включая данные об отверстиях) и толщине – для пластинчатых элементов [1,9]. У стержневого элемента может быть несколько представлений: геометрическое и аналитическое, предпочтение всегда отдается аналитическому представлению. Реализована поддержка двух видов сечений: параметрические и сечения в виде полигонов.

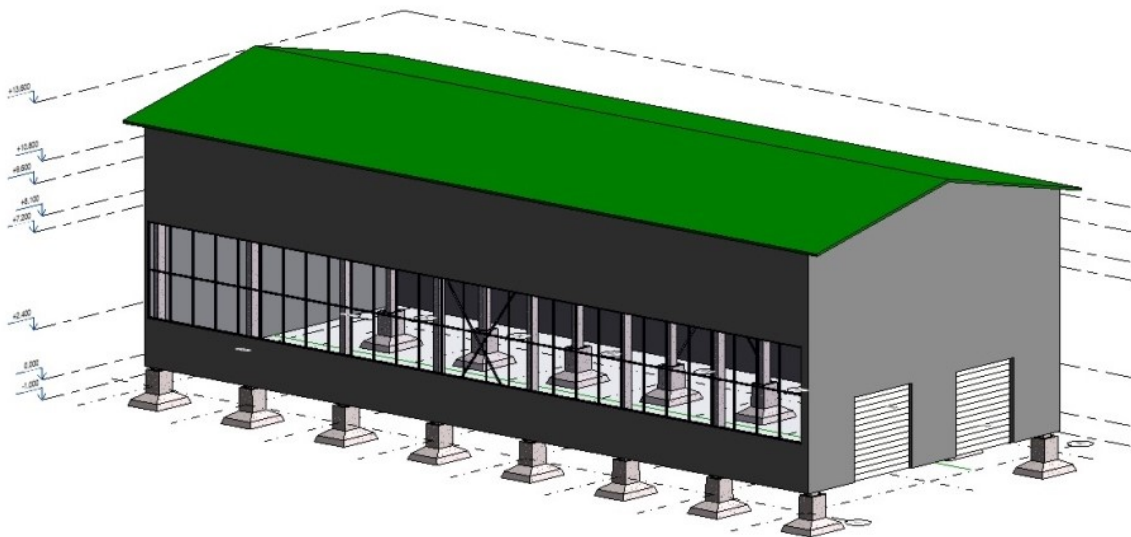


Рис. 2. Информационная модель здания в Revit

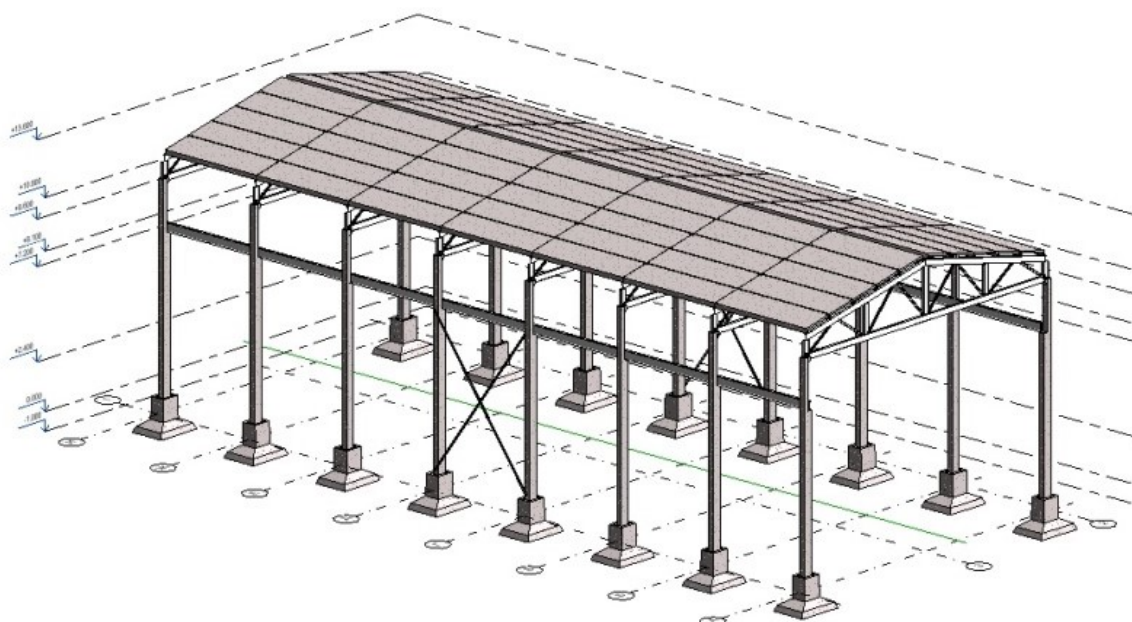


Рис. 3. Экспортируемая модель в Revit

Далее файл можно открыть в расчетном комплексе SCAD++. Путь импорта: Файл → Импорт → R2S. Модель откроется не в рабочем пространстве SCAD «Стандарт», а в препроцессоре «Форум», в котором происходит подготовка и упаковка данных конечно-элементной модели [15,16]. После окончания импорта, как при обычном создании нового проекта в SCAD, в открывшемся окне задаются стандарты проектирования, единицы измерения, наименование и коэффициент надежности по ответственности, который влияет на расчет внутренних усилий в конструкциях, в зависимости от уровня ответственности здания. Результат импорта в препроцессоре Форум показан на рис. 4.

Значительная часть геометрии здания передалась верно «узел в узел», но есть отдельные элементы, смещенные относитель-

но связей до экспорта, нуждающиеся в корректировке. Все элементы расположены параллельно главным осям X, Y, Z, кроме крайних ферм, центр которых сместился относительно колонн (рис. 5).

Связи между колоннами сместились и оказались в «воздухе» (рис. 5). Подобные ошибки исправляются в ручном режиме, путем перемещения элементов инструментом «Перенос элементов» на вкладке «Операции с элементами». Также неправильно экспортировались плиты покрытия как линии с сечением 0x0, которые должны быть отредактированы в рабочем пространстве «Стандарт» после генерации конечно-элементной модели созданием дополнительных линий контура плит и генерацией сетки для расчета их как плит, а не стержневых элементов.

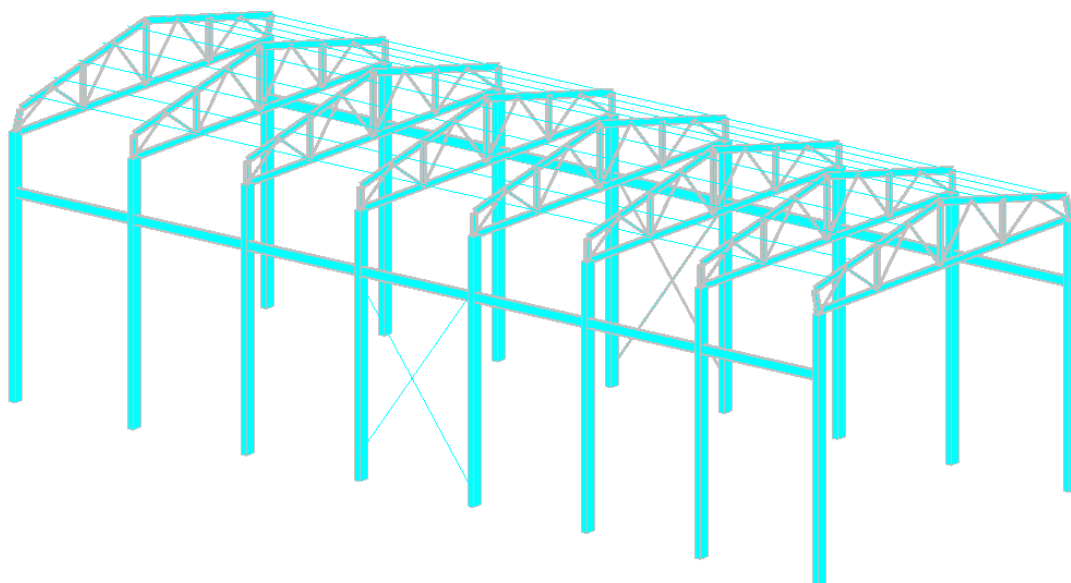


Рис. 4. Импортируемая модель в Форуме

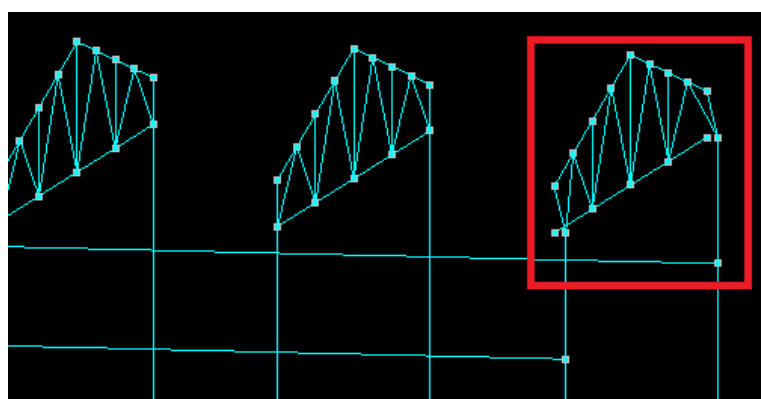


Рис. 5. Смещение фермы

Помимо геометрии модели, необходимо проверить корректность жесткостных характеристик. Они включают в себя параметры сечения, материал и его свойства. В Revit строится информационная модель, каждый элемент которой является не только геометрией, но и содержит характеристики материала. Например, параметры сечения колонн 300x500мм экспортировались верно, но материал остался незаполненным, соответственно, его свойства нужно также указать. У других элементов, которые относятся к металлопрокату, сечение экспортировалось как параметрическое, без привязки к сортаменту, что

связано со свойствами семейства балок, из которых построена модель в Revit. В SCAD++ подобные изменения сечения легко производить, поскольку при изменении параметров в окне редактирования, представленном на рис. 6, сечение меняется у всех элементов с соответствующим номером жесткости.

После всех корректировок в SCAD++ генерируется, конечно, элементная сетка. В стандартном рабочем пространстве SCAD++ были произведены изменения геометрии, созданы плиты покрытия и задано сечение. Конечно-элементная модель здания представлена на рис. 7.

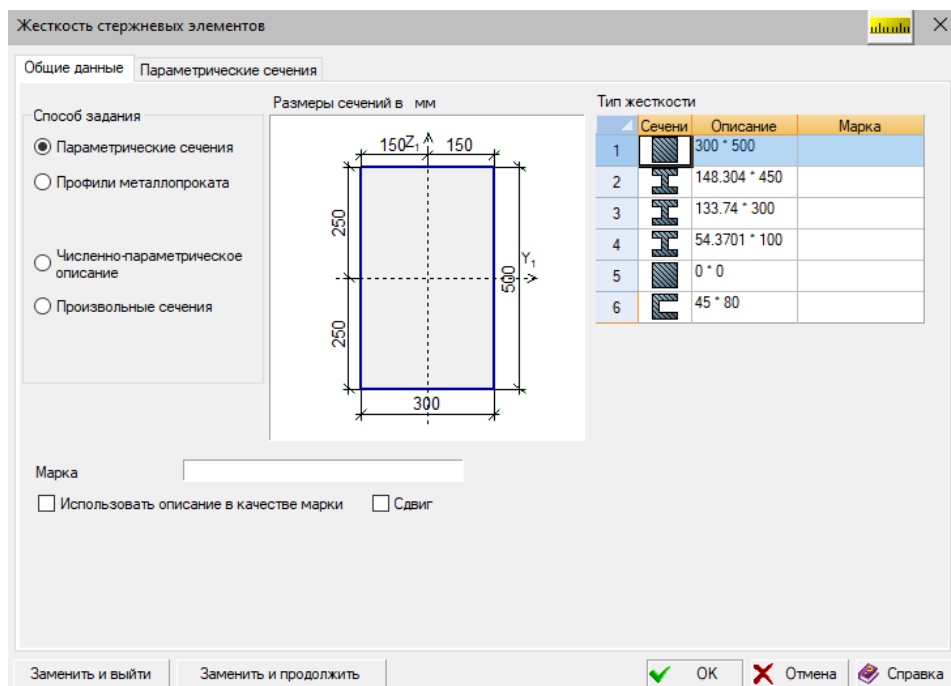


Рис. 6. Жесткость стержневых элементов

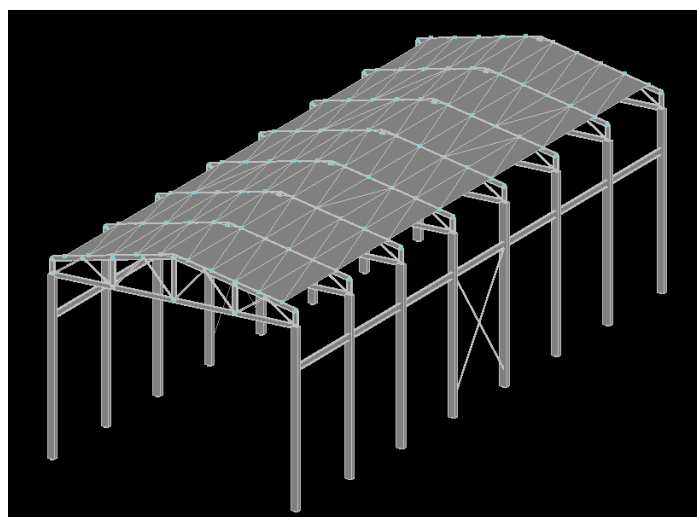


Рис. 7. Конечно-элементная модель здания в SCAD++

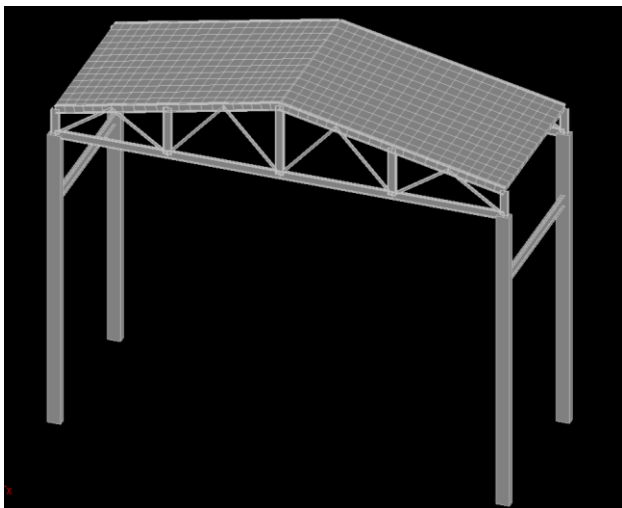


Рис. 8. Фрагмент модели для расчёта

С целью оценки работоспособности (считаемости) конечно-элементной модели необходимо произвести статический расчет. Для этого рассматривается часть каркаса, включающая в себя первые две рамы и покрытие (рис. 8).

Для проведения статического расчета модели заданы условия закрепления: для колонн – жесткое закрепление, фермы крепятся к колоннам шарнирно – для этого ставится неподвижный шарнир в одном конце фермы и подвижный в другом. Для узлов крепления стоек и раскосов ферм к нижнему поясу ограничиваем поворот во всех направлениях. Также необходимо разбить нижний пояс фермы в местах пересечения пояса и вертикальных стержней функцией «Дробление стержней в точке пересечения». Приняты следующие нагрузки, действующие на фрагмент модели:

- 1) нагрузка от собственного веса;
- 2) снеговая нагрузка.

После задания нагрузок был запущен расчет, который был успешно выполнен. Результат расчета представлен на рис. 9 в виде деформированного состояния.

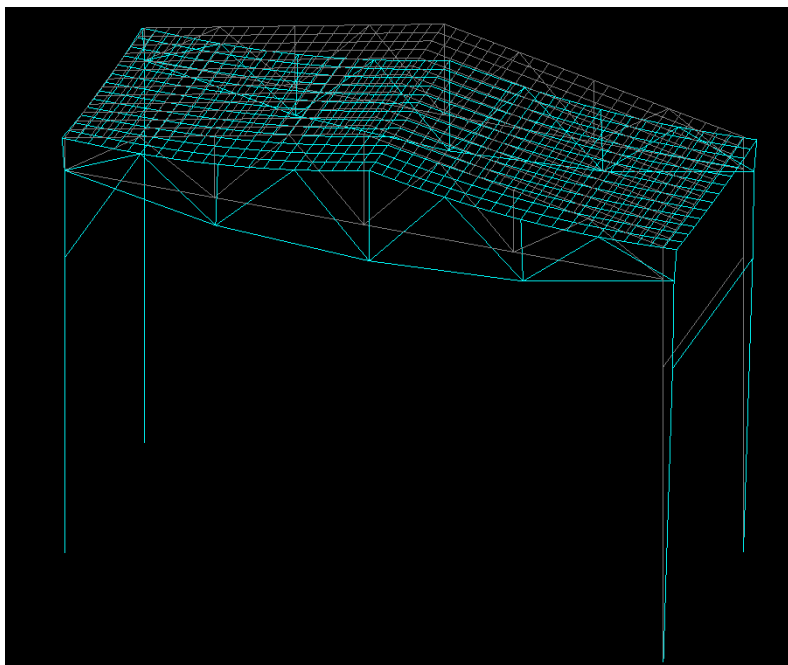


Рис. 9. Деформированная схема фрагмента модели здания

В заключение можно отметить, что благодаря несущественной ручной корректировке BIM-модели, экспортируемой через надстройку SCAD-Форум, конструктивный расчет был произведен корректно. Представленный способ передачи данных об информационной модели в расчетную программу применим к моделям любой сложно-

сти, однако требует контроля экспортируемой геометрии и внимания к ее «деталям». BIM технологии в строительстве активно развиваются, что требует дальнейшего совершенствования способа обмена данными между системами информационного и расчетного моделирования.

Список источников

1. Маркина Ю. Д. Использование препроцессора «Форум» для формирования расчетной схемы многоэтажного здания. Н. Новгород: ННГАСУ, 2020. 70 с.
2. Карпиловский В. С., Криксунов Э. З., Маляренко А. А., Микитавренко М. А., Перельмутер А. В., Перельмутер М. А. SCAD Office. Вычислительный комплекс SCAD. Москва: СКАД СОФТ, 2015. 250 с.
3. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. Москва: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2011. 120 с.
4. Скворцов А. В. Трудности перехода от автоматизированного проектирования к информационному моделированию дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 4–12.
5. Дедюхина А. Д., Краснояров Н. А., Зеньков Е. В. Применение BIM-технологий в производственно-технической сфере строительной отрасли // Молодежный вестник ИргТУ. 2021. Т. 11. № 1. С. 71–78.
6. Постановление 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». [Электронный ресурс]. URL: <http://prav.o.gov.ru> (13.04.2022).
7. Вандезанд Д., Рид Ф., Кригел Э. Autodesk Revit Architecture. Официальный учебный курс. Москва: Изд-во ДМК Пресс, 2017. 500 с.
8. Блохина Н. С., Лёвина Д. А. Создание 3D модели стержневой конструкции в программном комплексе Revit с последующим расчетом аналитической модели заданной конструкции в ПК ЛИРА САПР // Инновации и инвестиции. 2019. № 1. С. 172–177.
9. Савин А. П. Создание информационной модели здания и расчет железобетонных конструкций в связке Revit и SCAD office // Студенческая научная весна – 2021: материалы региональной научно-технической конференции (конкурса научно-технических работ) студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области (Новочеркасск, 13–14 мая 2021 г.) Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова, 2021. С. 229.
10. Гилемханов Р. А., Семенов А. А. ПК SCAD Office и BIM-технологии // САПР и графика. 2015. № 6(224). С. 36–38.
11. Маляренко А. А. О взаимодействии SCAD и Revit // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2011. № 12(928). С. 60.
12. Талапов В. В. Технология BIM. Суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. Москва: Изд-во ДМК Пресс, 2015. 191 с.
13. Шайхутдинов И. К. Autodesk Revit как инструмент интеграции модели в расчётно-строительные программы // Выставка инноваций – 2017 (весенняя сессия): сборник материалов XXIII Республиканской выставки-сессии студенческих инновационных проектов (Ижевск, 13 апреля 2017 г.). Ижевск: ИННОВА, 2017. С. 189–192.
14. Морозов А. А., Талапов В. В. Технология BIM: что можно считать по модели, созданной в Revit // isicad: Ваше окно в мир САПР. [Электронный ресурс]. URL: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=15546](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15546) (21.04.2022).
15. Dana A. Smith, Michael Tardif. Building Information Modeling. A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Maasers. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd0470250038.html> (20.03.2022).
16. Гилемханов Р. А., Семенов А. А. Первый шаг на пути к BIM с ПК SCAD Office // CADmaster. 2015. 55 с.

Информация об авторах / Information about the Authors

**Мария Андреевна Ермакова,**  
магистрант группы ТИМм-20-1,  
Институт архитектуры, строительства и дизайна,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Российская Федерация,  
[mary.irk.baik@gmail.com](mailto:mary.irk.baik@gmail.com)

**Maria A. Ermakova,**  
Undergraduate,  
Architecture, Construction and Design Institute,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,  
Russian Federation,  
[mary.irk.baik@gmail.com](mailto:mary.irk.baik@gmail.com)

**Елизавета Алексеевна Селезнёва,**  
магистрант группы ТИМм-20-1,  
Институт архитектуры, строительства и дизайна,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Российская Федерация,  
[LSelez56@gmail.com](mailto:LSelez56@gmail.com)

**Elizaveta A. Seleznyova,**  
Undergraduate,  
Architecture, Construction and Design Institute,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,  
Russian Federation,  
[LSelez56@gmail.com](mailto:LSelez56@gmail.com)

**Евгений Вячеславович Зеньков,**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры механики и сопротивления  
материалов,  
Институт архитектуры, строительства и дизайна,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Российская Федерация,  
jovanny1@yandex.ru

**Владимир Петрович Яценко,**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры механики и сопротивления  
материалов,  
Институт архитектуры, строительства и дизайна,  
Иркутский национальный исследовательский  
технический университет,  
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,  
Российская Федерация,  
yashenko\_vp@istu.edu

**Evgeniy V. Zenkov,**  
Cand. Sci. (Technics),  
Associate Professor of Mechanics and Resistance of  
Materials Department,  
Architecture, Construction and Design Institute,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,  
Russian Federation,  
jovanny1@yandex.ru

**Vladimir P. Yashenko,**  
Cand. Sci. (Technics),  
Associate Professor of Mechanics and Resistance of  
Materials Department,  
Architecture, Construction and Design Institute,  
Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,  
Russian Federation,  
yashenko\_vp@istu.edu