

Строительная механика Construction mechanics

Научная статья

УДК 624.04 + 004.94

DOI: 10.14529/build250203

ВОЗМОЖНЫЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ И РАСЧЕТ АРМИРОВАНИЯ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ СТАДИКОН

И.А. Пушкарев^{1✉}, Н.А. Чайников², Л.А. Пушкарева¹

¹ Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия

² ООО «АС-Проект», Ижевск, Россия

✉ pia10no@mail.ru

Аннотация. В данной работе представлен детальный анализ возможных вертикальных перемещений плиты перекрытия в программе СтаДиКон. Данное программное обеспечение позволяет проводить расчеты с высокой степенью точности и надежности, что особенно важно для проектирования современных строительных конструкций. В процессе работы был проведен расчет армирования плиты, в ходе которого была подобрана необходимая арматура, которая эффективно воспринимает заданные нагрузки, включая как статические, так и динамические воздействия. Особое внимание уделено методам определения необходимых параметров армирования, в том числе выбор типа и диаметра арматуры, а также расчет расстояний между стержнями. В результате исследования были разработаны схемы, иллюстрирующие результаты расчета вертикальных перемещений плиты перекрытия, что позволяет визуализировать поведение конструкции под воздействием внешних факторов. Также представлены данные о необходимой площади сечения дополнительного армирования при условии заданного основного армирования. Эти вычисления играют ключевую роль в выявлении слабых мест конструкции и позволяют оптимизировать расположение и размеры несущих элементов. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего проектирования и анализа других конструктивных элементов зданий и сооружений, таких как балки и колонны. Таким образом, работа не только способствует более глубокому пониманию поведения плит перекрытия под воздействием нагрузок, но и предоставляет практические рекомендации для инженеров-строителей, стремящихся повысить надежность и долговечность строительных конструкций. В конечном итоге результаты данного исследования могут служить основой для разработки более эффективных методов проектирования и строительства, что имеет важное значение в условиях современного строительства, требующего высокой степени безопасности и устойчивости к внешним воздействиям.

Ключевые слова: СтаДиКон, плита перекрытия, вертикальные перемещения, армирование плиты

Для цитирования. Пушкарев И.А., Чайников Н.А., Пушкарева Л.А. Возможные перемещения и деформации плиты перекрытия и расчет армирования в программном комплексе СтаДиКон // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 2. С. 21–29. DOI: 10.14529/build250203

Original article

DOI: 10.14529/build250203

POSSIBLE DISPLACEMENTS AND DEFORMATIONS OF THE FLOOR SLAB AND CALCULATION OF REINFORCEMENT IN THE STADICON SOFTWARE PACKAGE

I.A. Pushkarev^{1✉}, N.A. Chainikov², L.A. Pushkareva¹

¹ Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

² AS-Project LLC, Izhevsk, Russia

✉ pia10no@mail.ru

Abstract. This paper analyzes the possible vertical displacements of the floor slab in the StaDiCon program. This software provides for highly accurate and reliable calculations, which is essential for the design of modern building

structures. During the study, slab reinforcement was calculated with the selection of the necessary reinforcing elements, which effectively withstand the specified loads, including both static and dynamic effects. The paper focuses on the methods of determining the necessary reinforcement parameters, including the choice of the reinforcement type and diameter, as well as the calculation of the distances between rods. The study resulted in diagrams illustrating the results of calculating the vertical displacements of the floor slab, which allows visualizing the behavior of the structure under the influence of external factors. It also presents data on the required cross-sectional area of additional reinforcement, given the specified main reinforcement. These calculations are essential for identifying structural weaknesses and optimize the location and dimensions of load-bearing elements. The obtained results can be used for the further design and analysis of other structural elements of buildings and structures, such as beams and columns. Thus, the work both contributes to a deeper understanding of the behavior of floor slabs under the influence of loads, and provides practical recommendations for civil engineers seeking to improve the reliability and durability of building structures. Ultimately, the results of this study can serve as a basis for the development of more effective design and construction methods, which is important in modern construction requiring a high degree of safety and resistance to external influences.

Keywords: StaDiCon, floor slab, vertical displacement, reinforcement plate

For citation. Pushkarev I.A., Chainikov N.A., Pushkareva L.A. Possible displacements and deformations of the floor slab and calculation of reinforcement in the StaDiCon software package. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(2):21–29. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250203

Введение

Железобетонные перекрытия плоского типа – конструкции, которые наиболее распространены в гражданских зданиях и сооружениях [1–3]. Плоские перекрытия используются в монолитных каркасных сооружениях для пролетов длиной от 6 до 8 метров [4].

Нормативные требования к расчету конструктивных элементов монолитных каркасных зданий предполагают определение жесткости конструкций с учетом нелинейной работы материалов [5]. Программные комплексы для расчета элементов конструкций становятся неотъемлемой частью инженерного проектирования, позволяя проектировщикам эффективно моделировать и анализировать поведение строительных конструкций в различных условиях нагрузок [6–8].

Перед началом физического строительства объекта следует разработать его модель, включающую подробную информацию о проектируемом сооружении [9, 10]. Эти данные необходимы для выполнения расчетов, которые обеспечивают соответствие здания или сооружения требованиям надежности, согласно строительным нормам.

Необходимый уровень надежности достигается за счет расчетных параметров, определенных нормами проектирования, и зависит от методик расчета, выбранной конструктивной схемы, типов соединений элементов, правил конструирования и условий приемки при изготовлении и монтаже конструкций здания [1].

В рамках процесса моделирования объекта планируется создание цифровой трехмерной модели, которая будет тщательно отражать как геометрические параметры, так и свойства материалов, применяемых в конструкции [11, 12]. Программные комплексы, такие как AutoCAD, Revit и СтаДиКон, служат хорошим инструментом для моделирования, так как обеспечивают высокую точность создаваемой модели [13, 14]. СтаДиКон

предлагает широкий спектр возможностей для анализа деформаций конструктивных элементов, что позволяет инженерам и проектировщикам глубже понимать поведение конструкций под воздействием различных нагрузок [15].

После моделирования элемента выполняются следующие действия [16, 17]:

1) проводится интеграция ЦИМ конструктивного элемента с программным комплексом;

2) модель плиты делится на конечные элементы для более точного анализа ее поведения при заданных нагрузках;

3) решаются уравнения, описывающие прочность и деформацию элементов плиты;

4) выводится детальная информация о необходимой площади армирования плиты перекрытия при установленных условиях нагружения.

Цель работы – исследование варианта возможных перемещений узлов плиты перекрытия и расчет ее армирования в программе СтаДиКон.

Возможные перемещения и деформации плиты перекрытия и расчет армирования

Рассмотрим особенности расчета монолитной плиты перекрытия многоэтажного здания с размерами $21,825 \times 33,925$ м. Общая схема плиты с ее габаритами показана на рис. 1.

Для снижения размерности дискретных моделей применяется метод разбиения конструкции на конечные элементы [18].

Анализ перемещений, включая физическую нелинейность, позволяет проводить всестороннюю оценку работы конструкции. Вертикальные перемещения в узлах плиты перекрытия представлены на рис. 2. При этом максимальное смещение приходится на узел № 6567 и составляет $U_z = 0,03705$ мм, минимальное смещение узла № 36616, $U_z = -15,49610$ мм.

Предельный прогиб для плиты составляет

$$[U_z] = 5900/200 = 29,5 \text{ мм.}$$

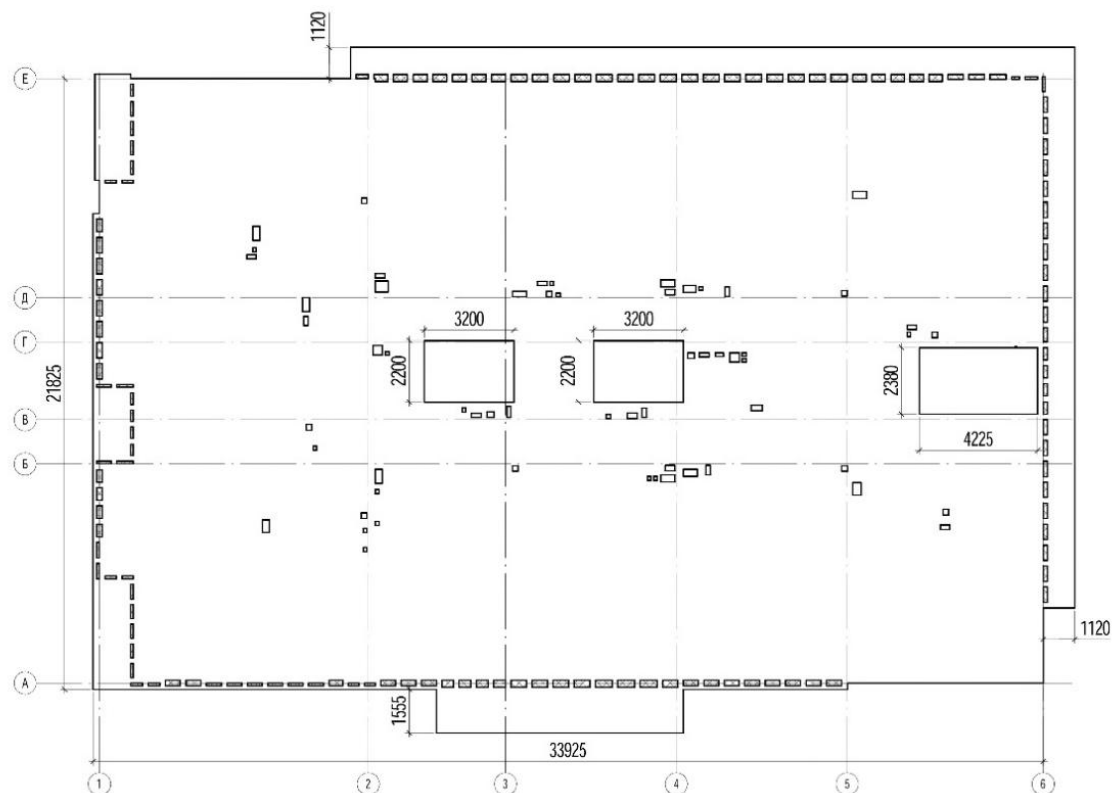


Рис. 1. Общая схема плиты перекрытия

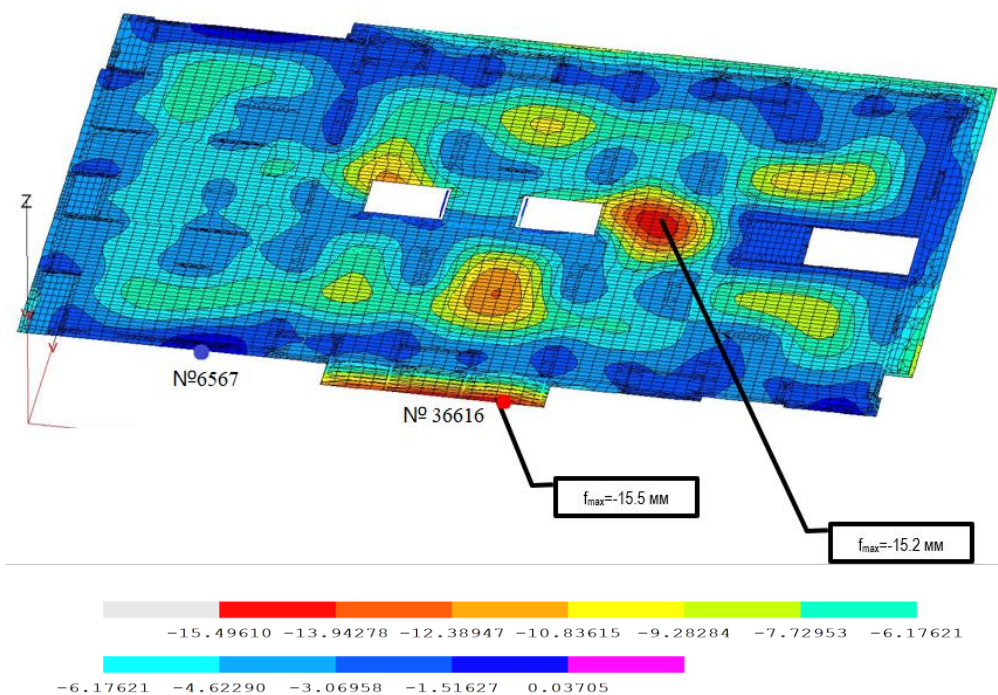


Рис. 2. СтаДиКон. Вертикальные перемещения плиты перекрытия от комбинации нормативных нагрузок

Предельный прогиб для консольного участка составляет

$$[U_z] = 2060 \cdot 2/150 = 27,5 \text{ мм.}$$

Таким образом, прогиб плиты перекрытия не превышает предельно допустимого значения.

Возможности программы СтаДиКон включают дополнительные виды расчетов, которые значительно упрощают процесс проектирования и анализа конструкций. Одной из ключевых функций является возможность подбора арматуры для элементов кон-

струкции [19]. Программа позволяет пользователю установить необходимые параметры, такие как диаметр арматуры и шаг между стержнями, что обеспечивает гибкость в проектировании и оптимизацию использования материалов. При этом СтаДиКон автоматически рассчитывает необходимое количество арматуры, учитывая нагрузки и характеристики бетона, что позволяет достичь требуемых прочностных и деформационных показателей.

Кроме того, программа поддерживает различные виды армирования, включая продольное и поперечное, и предоставляет возможность учитывать специфику конструктивных решений. Например, приняв фоновое армирование плиты перекрытия, которое представляет собой сетки арматурных стержней, размещенные вдоль каждой стороны плиты с равномерным интервалом [20, 21]. Значительно уменьшает расход арматуры на участки, где не нужна большая площадь армирования. Это, в свою очередь, делает процесс проектирования более эффективным и снижает риск ошибок, которые возникают при ручном расчете.

Так, фоновая арматура плиты в программе задается следующим образом:

- основная нижняя арматура 10-A500C (шаг 250×250 мм $A_s = 3,14 \text{ см}^2/\text{м}$);
- основная верхняя арматура 12-A500C (шаг 250×250 мм, $A_s = 4,52 \text{ см}^2/\text{м}$).

Определяем участки плиты, где необходимо установить дополнительные стержни армирования. Принимаем шаг арматуры дополнительного армирования равным 250 мм.

1. По результатам вычислений в программе СтаДиКон определяем, что максимальная необходимая площадь дополнительного нижнего армирования плиты в узле № 50669 по направлению r локальных осей элементов составляет $A_{sru} = 2,54 \text{ см}^2/\text{м}$ (рис. 3).

Для участка 1 требуемая площадь дополнительного армирования составляет $A_s^{\text{треб}} = 2,54 \text{ см}^2$. Принимаем дополнительное армирование: $\phi 10 A_s^{\text{сп}} = 3,14 \text{ см}^2$. Запас площади армирования составляет 19,1 %.

2. По результатам вычислений в программе СтаДиКон определяем, что максимальная необходимая площадь дополнительного верхнего армирования плиты в узле 20066 по направлению r локальных осей элементов составляет $A_{sro} = 8,74 \text{ см}^2/\text{м}$ (рис. 4).

Для участка 1 требуемая площадь дополнительного армирования составляет $A_s^{\text{треб}} = 3,81 \text{ см}^2$. Принимаем дополнительное армирование: $\phi 12 A_s^{\text{сп}} = 4,52 \text{ см}^2$. Запас площади армирования составляет 15,7 %.

Для участка 2 требуемая площадь дополнительного армирования составляет $A_s^{\text{треб}} = 7,26 \text{ см}^2$. Принимаем дополнительное армирование: $\phi 16 A_s^{\text{сп}} = 8,04 \text{ см}^2$. Запас площади армирования составляет 9,7 %.

Для участка 3 требуемая площадь дополнительного армирования составляет $A_s^{\text{треб}} = 2,28 \text{ см}^2$. Принимаем дополнительное армирование: $\phi 12 A_s^{\text{сп}} = 4,52 \text{ см}^2$. Запас площади армирования составляет 49,6 %.

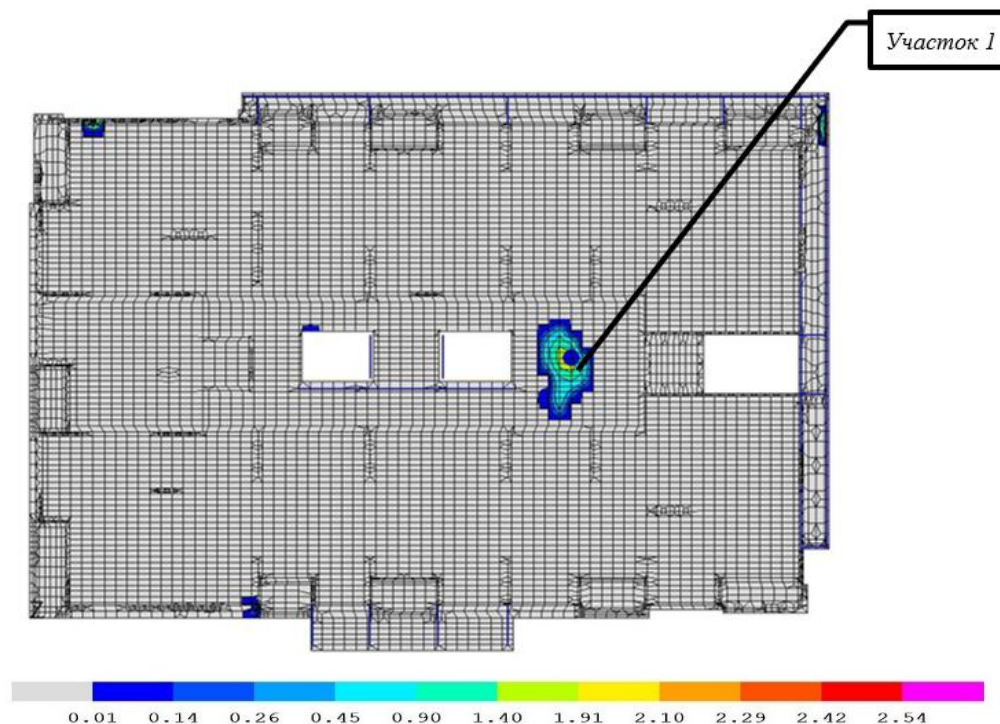


Рис. 3. СтаДиКон. Нижнее дополнительное армирование (ASRU)

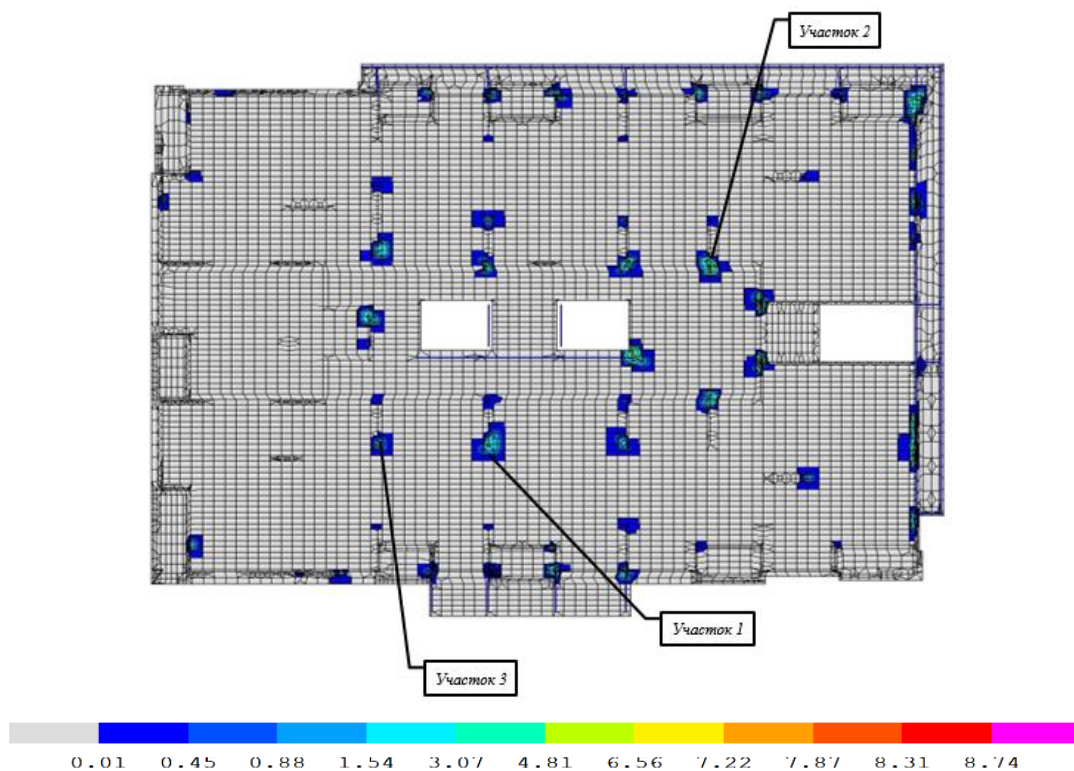


Рис. 4. СтаДиКон. Верхнее дополнительное армирование (ASRO)

Самой критической частью конструкции безбалочного монолитного перекрытия является область, где плита опирается на колонну (пилон) [22, 23]. Поэтому для обеспечения необходимых прочностных характеристик плиты необходимо определить поперечное армирование. По результатам вычислений программы

определяем, что максимальная необходимая площадь армирования в узле № 30509 составляет $A_{sw} = 42,91 \text{ см}^2/\text{м}^2$ (рис. 5).

Принимаем сварную сетку из арматуры 4-Вр-I $A_s = 0,126 \text{ мм}^2$ с шагом стержней $50 \times 50 \text{ мм}$, которая, в свою очередь, обеспечивает площадь армирования $A_{sw} = 400 \cdot 0,126 = 50,4 \text{ см}^2/\text{м}^2$.

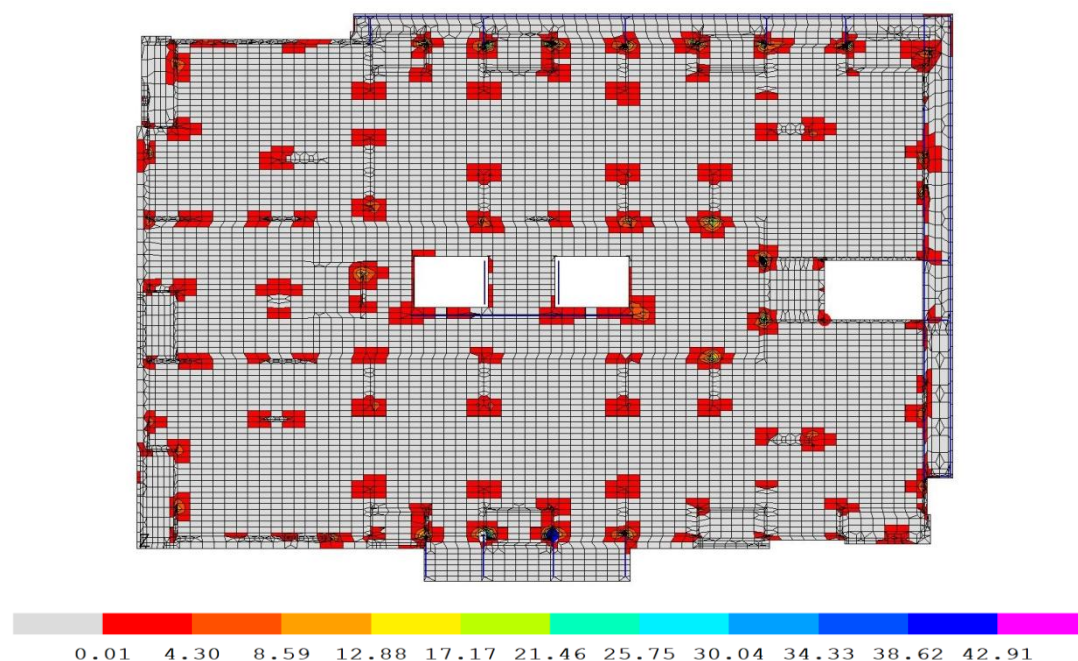


Рис. 5. СтаДиКон. Поперечное армирование A_{sw}

Результаты и обсуждения

На основании вышеизложенного можно сделать заключение о том, что применение программы СтаДиКон представляет собой современный инструмент, который эффективно применяет передовые методы вычислительной механики для анализа строительных конструкций. Благодаря своим мощным функциям она позволяет инженерам и проектировщикам проводить детализированные расчеты, учитывающие различные нагрузки и деформации. Кроме того, СтаДиКон предоставляет возможности для расчета армирования, что гарантирует достижение необходимых прочностных характеристик элементов. Это делает программу незаменимым помощником в процессе проектирования, обеспечивая надежность и безопасность конструкций на всех этапах их жизненного цикла. Использование СтаДиКон

способствует повышению качества проектирования и оптимизации ресурсов, что, в свою очередь, ведет к созданию более устойчивых и долговечных сооружений.

Выводы

По итогам исследования можно сделать следующие заключения:

1. При исследовании перемещений узлов выявлено, что узлы плиты перекрытия подвержены значительным перемещениям в зависимости от распределения нагрузок и геометрических характеристик конструкции. Однако данные перемещения не превышают предельно допустимых значений.

2. На основе полученных данных были разработаны рекомендации по оптимальному армированию плиты, учитывающие выявленные перемещения и нагрузки.

Список литературы

1. Малахова А.Н. Расчет плоских плит перекрытий монолитного каркасного здания с учетом нелинейной работы материалов // Системные технологии. 2022. № 2 (43). С. 41–47. DOI: 10.55287/22275398_2022_2_41
2. Беркунов П.А., Павлоцкий Р.А., Дзюба В.А. Расчет армирования плиты монолитного безбалочного перекрытия // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы VI Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 10–14 апреля 2023 года. Том Часть 2. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. С. 12–15. DOI: 10.17084/978-5-7765-1485-2-2023-12
3. Эмер Г.А. Сравнение балочного перекрытия с плитами, опертые по 4 сторонам, с перекрытием многоэтажного монолитного железобетонного каркаса системы БелНИИС с применением условных (скрытых) ригелей // Избранные доклады 69-й Университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 20 апреля 2023 года. Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. С. 68–71.
4. Мкртычев О.В. Нелинейные динамические методы расчета при проектировании объектов для сейсмических районов // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 9. С. 36–41. DOI: 10.33622/0869-7019.2022.09.36-41
5. Тамразян А.Г. К напряженно-деформированному состоянию монолитных плит при продавливании пилонами // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования: сборник докладов Первой Национальной конференции, Москва, 30 сентября 2020 года. М.: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. С. 170–176.
6. Пушкарёв И.А., Евсягина В.А., Шанина Т.С. Использование программных комплексов конечно-элементного анализа и BIM-технологий при расчете элементов строительных конструкций // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: Материалы VI Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 19–21 апреля 2023 года. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. С. 378–382. DOI: 10.23968/BIMAC.2023.052
7. Галкина А.А., Перевошикова К.А., Пушкарёва Л.А. Обзор современных российских программных комплексов информационного моделирования // Фотинские чтения – 2024 (весеннее собрание): сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, Ижевск, 23–25 марта 2024 года. Ижевск: Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, 2024. С. 158–163.
8. Черепанова Д.А. Реализация модели процессного подхода при контроле качества бетона (монолитное строительство) как фактор обеспечения требуемой надежности зданий и сооружений // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2023. № 6 (75). С. 14–22.
9. Экономическое обоснование надежности и долговечности строительных конструкций зданий и сооружений / В.Н. Левченко, В.И. Кротюк, С.Н. Водолазский и др. // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2022. № 1 (153). С. 91–98.
10. Моделирование плиты перекрытия с учетом нагрузок для наглядного представления результатов расчета заказчику / И.А. Пушкарёв, В.А. Евсягина, Т.А. Шанина, Л.А. Пушкарёва // Фотинские чтения – 2023 (осеннее собрание): сборник материалов X Международной научно-практической конференции, Ижевск, 23–25 ноября 2023 года. Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2024. С. 215–222.

11. Benefits and challenges encountered in utilization building information modelling in construction projects / A. Awali, H.A.H.Ahmed, T.A.T. Moogam et al. // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. No. 11-3(62), pp. 26–30.
12. Chiu W.Y.B., Lai J.H.K. Building information modelling for building services engineering: benefits, barriers and conducive measures // Engineering Construction & Architectural Management. 2020. Vol. 27, no. 9, pp. 2221–2252. DOI: 10.1108/ECAM10-2018-0460
13. Пушкарев И.А., Мусина Э.М., Тратканова А.А. Программные технологии как средство повышения производительности проектирования и оптимизации конструкций в области строительной механики // Construction and Geotechnics. 2024. Т. 15, № 1. С. 17–32. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.02
14. Abbate E., Invernizzi S., Spanò A. HBIM parametric modelling from clouds to perform structural analyses based on finite elements: a case study on a parabolic concrete vault // Applied Geomatics. 2022. Vol. 14, no. 1, pp. 79–96.
15. Пушкарев И.А., Чайников Н.А., Меньшиков М.А. Анализ возможных перемещений узлов каркаса многоэтажного жилого здания в программе СтаДиКон // Фотинские чтения – 2024 (весеннее собрание): сборник материалов XI Международной научно-практической конференции, Ижевск, 23–25 марта 2024 года. Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2024. С. 324–329.
16. Федоров С.С., Володин Г.В., Галишников А.А. Автоматизация процесса подготовки конструктивной информационной модели для передачи в расчетный комплекс // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 7 (121). С. 8–10.
17. Семенов В.А., Семенов П.Ю., Трубников С.А. Современные статические и динамические алгоритмы нелинейного анализа конструкций, подверженных динамическим воздействиям и их реализация в ПК СТАДИКОН // Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений: тезисы докладов VIII международного симпозиума, Тамбов, 17–21 мая 2023 года. Тамбов: ИП Чеснокова А.В., 2023. С. 164–165.
18. Матвеев А.Д. Построение высокоточных многосеточных конечных элементов малой размерности с применением локальных аппроксимаций и образующих конечных элементов // Сибирский аэрокосмический журнал. 2022. Т. 23, № 3. С. 372–390. DOI: 10.31772/2712-8970-2022-23-3-372-390
19. Хайрнасов К.З. Различия в армировании железобетонных конструкций определенных по теориям Вуда Х.Р. и Карпенко Н.И. // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2020. № 2(54). С. 144–150.
20. Pethe M.D., Khedikar A. Comparative study of conventional slab, flat slab and waffle slab by using finite element method // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 2022. Vol. 10, no. 6, pp. 15–25.
21. Маклакова С.Н., Волков С.Б. Математическое моделирование вариантов армирования монолитных плит перекрытия // Инновационные идеи молодых исследователей: сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции, Уфа, 29 мая 2020 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр «Вестник науки», 2020. С. 131–139.
22. Зацепилова А.В. Поперечное армирование плиты перекрытия в зоне продавливания // Молодой ученый. 2020. № 19 (309). С. 23–25.
23. Римшин В.И., Трунтов П.С. Техническое обследование несущих конструкций с моделированием напряженно-деформированного состояния конструкций // Эксперт: теория и практика. 2023. № 2 (21). С. 89–94. DOI: 10.51608/26867818_2023_2_89

References

1. Awali A., Ahmed H.A.H., Moogam T.A.T. et al. Benefits and challenges encountered in utilization building information modelling in construction projects // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2021. No. 11-3(62), pp. 26–30.
2. Chiu W.Y.B., Lai J.H.K. Building information modelling for building services engineering: benefits, barriers and conducive measures // Engineering Construction & Architectural Management. 2020. Vol. 27, no. 9, pp. 2221–2252. DOI: 10.1108/ECAM10-2018-0460
3. Пушкарев И.А., Мусина Э.М., Тратканова А.А. Программные технологии как средство повышения производительности проектирования и оптимизации конструкций в области строительной механики // Construction and Geotechnics. 2024. Т. 15, № 1. С. 17–32. DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.02
4. Abbate E., Invernizzi S., Spanò A. HBIM parametric modelling from clouds to perform structural analyses based on finite elements: a case study on a parabolic concrete vault // Applied Geomatics. 2022. Vol. 14, no. 1, pp. 79–96.
5. Tamrazyan A.G. [On the stress-strain state of monolithic slabs when punched by pylons]. In: *Aktual'nye problemy stroitel'noy otrasli i obrazovaniya: Sbornik dokladov Pervoy Natsional'noy konferentsii, Moskva, 30 sentyabrya 2020 goda* [Actual problems of the construction industry and education: Collection of reports of the First National Conference, Moscow, September 30, 2020]. Moscow, 2020, pp. 170–176. (in Russ.)

6. Pushkarev I.A., Evsyagina V.A., Shanina T.S. [Use of finite element analysis software packages and BIM technologies in calculating elements of building structures]. *BIM-modelirovanie v zadachakh stroitel'stva i arkhitektury: Materialy VI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Sankt-Peterburg, 19–21 aprelya 2023 goda* [BIM modeling in construction and architecture: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference, St. Petersburg, April 19–21, 2023]. St. Petersburg, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 2023, pp. 378–382. (in Russ.) DOI: 10.23968/BIMAC.2023.052
7. Galkina A.A., Perevoshchikova K.A., Pushkareva L.A. [Review of modern Russian software packages for information modeling]. In: *Fotinskie chteniya – 2024 (vesennee sobranie): Sbornik materialov XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Izhevsk, 23–25 marta 2024 goda* [Fotinsky Readings – 2024 (spring meeting): Collection of materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Izhevsk, March 23–25, 2024]. Izhevsk, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2024, pp. 158–163. (in Russ.)
8. Cherepanova D.A. [Implementation of the process approach model in concrete quality control (monolithic construction) as a factor in ensuring the required reliability of buildings and structures]. *Informatsionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya* [Information and economic aspects of standardization and technical regulation], 2023, no. 6 (75), pp. 14–22. (in Russ.)
9. Levchenko V.N., Krotiyuk V.I., Vodolazsky S.N., Ovcharenko D.V., Khomich V.I. [Economic justification of the reliability and durability of building structures of buildings and structures]. *Vestnik Donbasskoy natsional'noy akademii stroitel'stva i arkhitektury* [Bulletin of the Donbass National Academy of Construction and Architecture], 2022, no. 1 (153), pp. 91–98. (in Russ.)
10. Pushkarev I.A., Musina E.M., Tratkanova A.A. [Modeling of a floor slab taking into account loads for visual presentation of calculation results to the customer]. In: *Fotinskie chteniya - 2023 (osennee sobranie): Sbornik materialov X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Izhevsk, 23–25 noyabrya 2023 goda* [Fotinsky Readings - 2023 (autumn meeting): Collection of materials of the X International Scientific and Practical Conference, Izhevsk, November 23–25, 2023]. Izhevsk, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2024, pp. 215–222. (in Russ.)
11. Awali A., Ahmed H.A.H., Moogam T.A.T. et al. Benefits and challenges encountered in utilization building information modelling in construction projects. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*, 2021, no. 11–3 (62), pp. 26–30.
12. Chiu W.Y.B., Lai J.H.K. Building information modelling for building services engineering: benefits, barriers and conducive measures. *Engineering Construction & Architectural Management*, 2020, vol. 27, no. 9, pp. 2221–2252. DOI: 10.1108/ECAM10-2018-0460
13. Pushkarev I.A., Musina E.M., Tratkanova A.A. [Software technologies as a means of increasing design productivity and optimizing structures in the field of structural mechanics]. *Construction and geotechnics* [Construction and Geotechnics], 2024, vol. 15, no. 1, pp. 17–32. (in Russ.) DOI: 10.15593/2224-9826/2024.1.02
14. Abbate E., Invernizzi S., Spanò A. HBIM parametric modeling from clouds to perform structural analyses based on finite elements: a case study on a parabolic concrete vault. *Applied Geomatics*, 2022, vol. 14, no. 1, pp. 79–96.
15. Pushkarev I.A., Chaynikov N.A., Menshikov M.A. [Analysis of possible displacements of frame nodes of a multi-story residential building in the StaDiCon program]. In: *Fotinskie chteniya - 2024 (vesennee sobranie): Sbornik materialov XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Izhevsk, 23–25 marta 2024 goda* [Fotinsky Readings – 2024 (spring meeting): Collection of materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Izhevsk, March 23–25, 2024]. Izhevsk, Izhevsk State Technical University named after M.T. Kalashnikov, 2024, pp. 324–329. (in Russ.)
16. Fedorov S.S., Volodin G.V., Galishnikov A.A. [Automation of the process of preparing a constructive information model for transmission to the calculation complex]. *Nauka i biznes: puti razvitiya* [Science and Business: Development Ways], 2021, no. 7 (121), pp. 8–10. (in Russ.)
17. Semenov V.A., Semenov P.YU., Trubnikov S.A. [Modern static and dynamic algorithms for nonlinear analysis of structures subject to dynamic effects and their implementation in the STADIKON PC]. In: *Aktual'nye problemy komp'yuternogo modelirovaniya konstruksiy i sooruzheniy: Tezisy dokladov VIII mezhdunarodnogo simpoziuma, Tambov, 17–21 maya 2023 goda* [Actual problems of computer modeling of structures and structures: Abstracts of the VIII International Symposium, Tambov, May 17–21, 2023]. Tambov, 2023, pp. 164–165. (in Russ.)
18. Matveyev A.D. [Construction of high-precision multigrid finite elements of small dimension using local approximations and finite element generators]. *Sibirskiy aerokosmicheskiy zhurnal* [The Siberian Aerospace Journal], 2022, vol. 23, no. 3, pp. 372–390. (in Russ.) DOI: 10.31772/2712-8970-2022-23-3-372-390
19. Khayrnasov K.Z. [Differences in the reinforcement of reinforced concrete structures determined by the theories of Wood H.R. and Karpenko N.I.]. *Izvestiya Kirgizskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni I. Razzakova* [Proceedings of the Kirgyz State Technical University named after I. Razzakov], 2020, no. 2 (54), pp. 144–150. (in Russ.)

20. Pethe M.D., Khedikar A. Comparative study of conventional slab, flat slab and waffle slab by using finite element method. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 2022, vol. 10, no. 6, pp. 15–25.

21. Maklakova S.N., Volkov S.B. [Mathematical modeling of reinforcement options for monolithic floor slabs]. In: *Innovatsionnye idei molodykh issledovateley: sbornik nauchnykh statey po materialam II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Ufa, 29 maya 2020 goda* [Innovative ideas of young researchers: a collection of scientific articles based on the materials of the II International Scientific and Practical Conference, Ufa, May 29, 2020]. Ufa: Vestnik nauki, 2020, pp. 131–139. (in Russ.)

22. Zatsepilova A.V. [Transverse reinforcement of a floor slab in the punching zone]. *Molodoy uchenyy* [The Young Scientist], 2020, no. 19 (309), pp. 23–25. (in Russ.)

23. Rimshin V.I., Truntov P.S. [Technical inspection of load-bearing structures with modeling of the stress-strain state of structures]. *Ekspert: teoriya i praktika* [Expert: Theory and Practice], 2023, no. 2 (21), pp. 89–94. (in Russ.) DOI: 10.51608/26867818_2023_2_89

Информация об авторах:

Пушкарёв Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия; pia10no@mail.ru

Чайников Никита Алексеевич, инженер ООО «АС-Проект», Ижевск, Россия; mim162rf@mail.ru

Пушкарёва Людмила Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия; pgs_kdp@mail.ru

Information about the authors:

Ivan A. Pushkarev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department of Industrial and Civil Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia; pia10no@mail.ru

Nikita A. Chanikov, engineer, AS-Proekt LLC, Izhevsk, Russia; mim162rf@mail.ru

Lyudmila A. Pushkareva, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor, Department of Industrial and Civil Engineering, Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia; pgs_kdp@mail.ru

Статья поступила в редакцию 18.02.2025, принята к публикации 26.02.2025.

The article was submitted 18.02.2025, approved after reviewing 26.02.2025.