

УДК 69.059

Д. Ю. Саркисов, А. М. Устинов

Томский государственный архитектурно-строительный университет

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРИ УСТАНОВКЕ НОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА

Актуальность работы обусловлена возникшей в условиях действующего производства практической задачей установки нового оборудования на железобетонное межэтажное перекрытие. Задача осложнялась отсутствием проектной документации на здание и невозможностью производить работы снизу плит перекрытия из-за наличия чистого производства без возможности остановки. Произведен анализ и оценка несущей способности железобетонных плит перекрытия с учетом необходимости установки нового оборудования в условиях действующего производства. Представлен комплексный подход к решению поставленной задачи с учетом имеющихся ограничений на производство работ по обследованию плит перекрытия.

К л ю ч е в ы е с л о в а: железобетонные плиты, оценка несущей способности, прочность бетона, обследование зданий и сооружений.

Введение

Актуальность исследования

При обследовании зданий и сооружений решаются конкретные практические задачи, актуальные для заказчика. От качества выполнения работ зависит правильность проектных решений и безопасность работающих на производстве людей [1, 2]. Часто возникают неординарные вопросы, связанные с реконструкцией объекта, перепланировками, заменой или дополнительной установкой оборудования, устройством проемов, необходимостью разрабатывать усиление конструкций с изменением их первоначального напряженно-деформированного состояния [3—14] и т. д. Кроме того, сложности вызывает оценка несущей способности строительных конструкций в связи с полной или частичной потерей проектной документации, наличием повреждений конструкций, полученных в ходе длительной эксплуатации, изменением прочностных характеристик материалов, увеличением нагрузок на конструкции и изменениями действующей нормативной документации.

В рамках выполнения работ по обследованию производственного здания возникла задача оценки несущей способности железобетонного перекрытия в связи с планируемой установкой нового оборудования. Работы осложнялись следующими факторами:

- под рассматриваемым перекрытием расположены действующие чистые лаборатории без возможности остановки производственного процесса и выполнения работ по механическому вскрытию плит;

- снизу перекрытия потолки ровные без возможности визуального контроля швов между плитами;

- проектная и исполнительная документация на здание сохранилась лишь частично и содержит противоречивые данные;

- сверху перекрытия в ходе эксплуатации здания устроены новые монолитные полы.

Цель работы — произвести оценку несущей способности плит перекрытия с учетом установки нового оборудования.

Методы исследования — анализ архивной документации, измерения на основе взаимодействия магнитного поля с металлическими элементами, метод корреляционной зависимости параметров ударного импульса от упругопластических свойств контролируемого материала, метод предельных состояний.

Конструктивное решение перекрытия

Первой задачей было выявление схемы раскладки плит перекрытия на участке здания над четвертым этажом в осях *В—Г*, *9—12*, где планировалась установка дополнительного оборудования.

Здание производственного пятиэтажного лабораторно-экспериментального корпуса состоит из трех блоков. Работы производились в блоке 2. Несущая система здания — сборный железобетонный рамный каркас, образованный фундаментами, колоннами и ригелями. Перекрытия выполнены сборно-монолитными с опиранием плит на полки ригелей. Плиты перекрытий сборные железобетонные многпустотные с круглыми пустотами. Наружные стены здания самонесущиеся из кирпичной кладки на цементно-песчаном растворе толщиной 510 мм. Кровля плоская совмещенная.

С целью определения фактической схемы расположения плит перекрытия над четвертым этажом блока 2 в осях *В—Г*, *9—12* произведен осмотр перекрытия на данном участке сверху и снизу.

Осмотр перекрытия снизу схему расположения плит установить не позволил, т. к. швов между плитами не было видно, имелась ровная чистовая отделка, заказчик на ее демонтаж разрешения не давал. Осмотр данного перекрытия сверху изначально также не дал возможности определить схему расположения плит, т. к. по всей площади устроена стяжка и полы. Общий вид участка перекрытия снизу и сверху приведен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид участка перекрытия

Для определения схемы раскладки плит были устроены зондажи в полах сверху до поверхности верхних полок (рис. 2), что позволило обнаружить

Проведен анализ сохранившейся архивной документации, который показал, что в ней имеются указания на типовую серию ИИ-60 «Унифицированные железобетонные изделия для многоэтажных промышленных зданий с балочными перекрытиями». Перекрытия в серии ИИ-60 предполагалось выполнять из сборных железобетонных ребристых плит по серии ИИ-64 (выпуск 1 и выпуск 2). Значение нормативных полезных нагрузок для таких плит составляет 500, 750, 1000 кг/м² (выпуск 1) и 1500, 2000 кг/м² (выпуск 2).

Однако в самом здании по каким-то причинам были применены сборные железобетонные многопустотные плиты перекрытий с круглыми пустотами.

В других архивных документах (рис. 4) имеются упоминания о многопустотных плитах с маркировкой ПТК59-10У и ПТК59-12У. Указанный завод-изготовитель на момент проведения обследования уже не существовал.

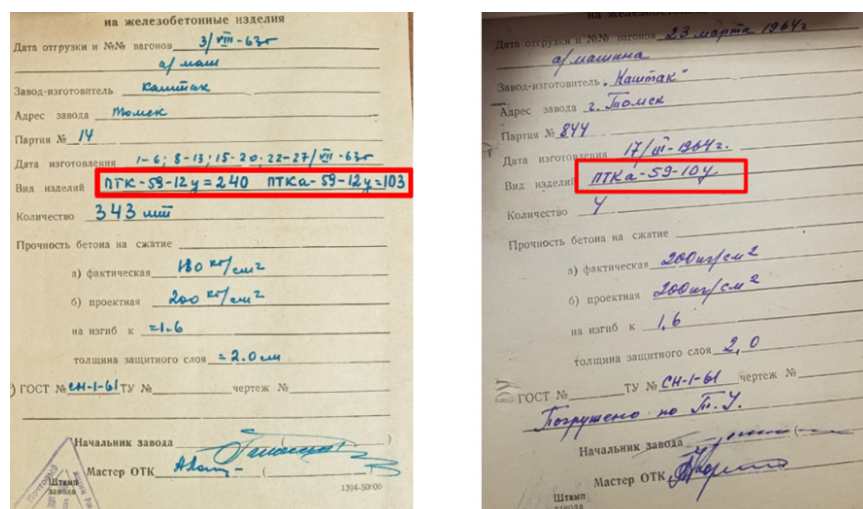


Рис. 4. Упоминания о плитах ПТК59-10У и ПТК59-12У

Плиты ПТК производились по типовой серии ИИ-03-02 «Индустриальные строительные изделия для жилищного и гражданского строительства». В указанной серии в альбоме 6 «Панели перекрытия длиной 586 см с круглыми пустотами, армированные сварными сетками и каркасами, сталь марки Ст5» имеются плиты ПТК59-10 и ПТК59-12. Арматура из стали Ст5 выполнена периодического профиля [15]. При этом в серии указано, что индекс «Т» в маркировке плиты предполагает использование плит под тяжелую нагрузку. Упоминаний об индексе «У» нет.

В самих чертежах на плиты указанной серии расчетная нагрузка на данные плиты составляет 1145 кг/м². Здесь важно отметить, что армирование выполнено из ненапрягаемой арматуры из стали Ст5 диаметрами 14 и 16 мм. Арматура Ст5 имеет периодический профиль. Рабочая растянутая арматура объединена в сварную сетку. Плиты выполнены из бетона марки М200.

Каких-либо подробных данных о плитах ПТК59-10У и ПТК59-12У выявить не удалось. Упоминание о подобных плитах с маркировкой ПТК59-12УС имеется в каталоге сборных железобетонных индустриальных панелей и конструкции ЖИИ-90 (г. Норильск). Для таких многопустотных плит расчетная нагрузка составляет 1600 кгс/м². Плиты выполнены из бетона класса

В22,5. В качестве арматуры применены стержни без преднапряжения периодического профиля, диаметром от 10 до 22 мм класса А-П. Маркировка УС указывает на то, что плита усиленная

В результате выполненного анализа архивной и другой технической документации точных данных о примененных на участке перекрытия над четвертым этажом в осях В—Г, 9—12 блока 2 плитах перекрытия и их армировании установить не удалось. По собранной информации можно предположить, что применены плиты местного производства, армированные стержнями периодического профиля. При этом расчетная нагрузка на плиты предположительно составляет не менее 1145 кг/м^2 , а может достигать и 1600 кг/м^2 .

Обследование технического состояния плит и определение прочности

Обследование показало, что в целом многопустотные железобетонные плиты и монолитные участки перекрытия в осях В—Г, 9—12 находятся в работоспособном состоянии и могут использоваться для дальнейшей эксплуатации. В них отсутствуют силовые и коррозионные повреждения, прогибы не превышают предельно допустимые нормами значения. На нижних поверхностях перекрытия устроена чистовая отделка, в которой отсутствуют трещины, шелушения, локальные разрушения, следы замачивания и т. п. Во вскрытых зондажах бетон плит и монолитных участков прочный, не шелушится, не расслаивается, оголения арматуры отсутствуют.

Прочность бетона, исходя из невозможности разрушения, определялась неразрушающими методами контроля [16—20]. В ходе выполнения работ на доступных участках во вскрытых зондажах неразрушающим методом контроля при помощи прибора «Оникс-2.5» (принцип работы основан на измерении параметров электрического импульса, преобразованного из сигналов реакции объекта на ударное воздействие) определена прочность бетона верхних полков плит перекрытия. Испытание и обработка результатов осуществлялись при температуре окружающего воздуха $+5...+15^\circ\text{C}$. Места определения прочности бетона конструкций выбирались из возможности доступа.

По полученным результатам на момент испытаний бетон имеет прочность, соответствующую классу для сборных железобетонных плит перекрытия: шириной 1,0 м — В15...В22,5; для плит шириной 1,2 м — В15...В22,5¹. Таким образом, для оценки прочности плит перекрытия принят бетон, соответствующий классу В15.

Определение армирования плит перекрытия

Напрямую, путем механического вскрытия, определить армирование плит перекрытия над четвертым этажом в осях В—Г, 9—12 не предоставлялось возможным из-за запрета заказчика (расположение снизу чистых помещений и производственного процесса). В связи с этим работы по определению армирования плит выполнялись поэтапно.

Этап 1 (рис. 5) — производилось механическое вскрытие арматуры плит шириной 1,0 м и 1,2 м на подобном участке (перекрытие над вторым этажом блока 2 здания), при котором определялись диаметры и количество стержней арматуры, вид профиля арматуры, наличие приваренных к ней элементов (для определения наличия предварительного напряжения арматуры).

¹ ГОСТ 26633—2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200133282?ysclid=mb2eb42thh344382013>.



Рис. 5. Механические вскрытия арматуры

Этап 2 (рис. 6) — методом неразрушающего контроля [21, 22] при помощи прибора — детектора арматуры Hilti Ferroskan, производилось сканирование нижней поверхности перекрытия в осях *В—Г*, *9—12* с определением количества стержней растянутой арматуры и расстояний между ними.



Рис. 6. Сканирование нижней поверхности плит при помощи детектора арматуры Hilti Ferroskan

Этап 3 — производилось сопоставление полученных на предыдущих этапах результатов и предположительно определялось фактическое основное армирование плит перекрытия шириной 1,0 и 1,2 м (рис. 7). Анализ информации, полученной на двух предыдущих этапах работ, позволил заключить, что для плиты шириной 1,0 м армирование выполнено из 6 стержней арматуры периодического профиля (2 стержня диаметром 18 мм и 4 стержня диаметром 22 мм). Для плиты шириной 1,2 м армирование выполнено минимум из 7 стержней арматуры периодического профиля диаметром 16 мм, а максимум из 11 стержней диаметром 16 мм.

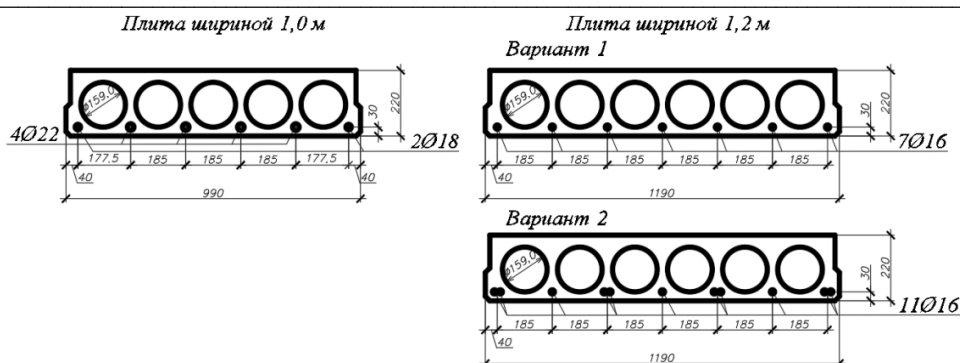


Рис. 7. Схема армирования для плит шириной 1,0 и 1,2 м

Определение нагрузок и оценка несущей способности плит с учетом установки дополнительного оборудования

Собраны фактически действующие нагрузки с учетом выявленной конструкции полов, схем установки нового оборудования и требований действующих нормативных документов. Составлены расчетные схемы плит с учетом сосредоточенных сил от ножек нового оборудования и получены значения максимальных изгибающих моментов. При оценке несущей способности плит реализовано два подхода.

Первый заключался в сравнении величин изгибающих моментов от действующих нагрузок и изгибающих моментов от предельно допустимых нагрузок, определенных согласно анализу архивных документов и типовых серий.

Второй подход заключался в проверочном расчете прочности плит по первой группе предельных состояний согласно действующим нормам проектирования с учетом полученных данных об армировании и прочности бетона.

В результате выполненных проверок установлено, что несущая способность плит с учетом нагрузки от нового оборудования будет обеспечена, при этом запас несущей способности составляет 9...13 %.

Однако в связи с требованием заказчика не вскрывать армирование рассматриваемых плит снизу, отсутствием точных данных о марках примененных плит, возможных изменениях прочности бетона плит и других неопределенностей необходимо при установке оборудования вести наблюдения за состоянием плит, в случае появления деформаций или прогибов остановить проведение работ для принятия дополнительных оперативных мер.

Также рекомендуется полностью демонтировать конструкцию пола (до верхних полок плит), залить выравнивающую стяжку небольшой толщины, уложить линолеум (при необходимости) и потом установить оборудование. Демонтаж старого пола позволит значительно снизить нагрузку на плиты перекрытия и обеспечить более высокие значения коэффициентов запаса.

Выводы

Произведена оценка несущей способности плит перекрытия производственного здания с учетом осложняющих работу факторов.

Проанализированы данные сохранившейся архивной документации и типовых серий, определены примерные значения предельных нагрузок на плиты перекрытия.

Произведены работы по вскрытию пола, определению прочности бетона, определению армирования плит на подобных участках перекрытия, сбору фактически действующих нагрузок и оценки несущей способности двумя способами.

После проведения комплексного анализа всех полученных данных установлено, что несущая способность плит обеспечена, запас прочности составляет 9...13 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Улыбин А. В., Ватин Н. В. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 10(25). С. 134—146.
2. Rakeh Saleem M., Napolitano R. Comparative analysis of saliency map algorithms in capturing visual priorities for building inspections // Journal of Building Engineering. 2024. Vol. 97. DOI: 10.1016/j.jobbe.2024.110678.
3. Плевков В. С., Саркисов Д. Ю., Балдин С. В. Анализ параметров колебательных процессов несущего каркаса производственного здания // Строительство и реконструкция. 2017. № 4(72). С. 47—56.
4. Особенности оценки технического состояния здания бывшего томского женского епархиального училища / В. С. Плевков, И. В. Балдин, Д. Ю. Саркисов, В. В. Фурсов, Р. В. Тютин // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 3(62). С. 69—82.
5. Коробков С. В., Саркисов Д. Ю. Обследование технического состояния несущих конструкций балкона объекта культурного наследия регионального значения // Актуальные научные исследования: от теории к практике: сб. мат. XLIV-й междунар. очно-заочной науч.-практ. конф. М., 2024. С. 138—141.
6. Римшин В. И., Кецо Е. С., Трунтов П. С., Кузина И. С. Техническое обследование строительных конструкций подземных каналов очистных сооружений // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения: мат. XI науч.-практ. конф. СПб., 2021. С. 82—94.
7. Саркисов Д. Ю., Коробков С. В. Причины замачивания строительных конструкций пятого этажа жилого дома // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. М., 2024. С. 199—204.
8. Пиеничкина В. А., Сухина К. Н., Сухин К. А., Дубовский М. Е. Анализ напряженно-деформированного состояния металлических подкрановых балок с учетом несоответствия реализованной конструктивной схемы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 1(78). С. 38—46.
9. Sarkisov D. Y., Krylov V. V., Ergeshov E. T., Goussous J. S. Analysis of changes in the survivability of building structures reinforced after an emergency dynamic impact in the context of assessing the security of buildings in the oil and gas industry // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2021. Vol. 8. Iss. 12. Pp. 25—35.
10. Голиков А. В., Терновой В. А., Якимив П. В. Характер развития повреждений и распределения напряженно-деформированного состояния в несущих конструкциях эксплуатируемого покрытия с балочными фермами перекрестной системы // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 5(93). С. 18—30.
11. Non-destructive testing and kinematic limit analysis applied to a historic masonry church early intervened with RC elements / R. Alvarado, M. Barrientos, A. Suazo, G. Menanno, L. Pérez-Pinedo, N. Ch. Palazzi, C. Sandoval // Engineering Failure Analysis 2025. Vol. 169. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2024.109205.
12. Almalki M. Application of non-destructive geophysical methods for testing concrete structures // Journal of King Saud University — Science. 2023. Vol. 35. Iss. 8. DOI: 10.1016/j.jksus.2023.102916.
13. Дубровина О. А., Саркисов Д. Ю. Исследование работы железобетонных балок, усиленных обоями // Общество. Наука. Инновации: сб. статей XXI всерос. науч.-практич. конф. Киров, 2021. С. 415—419.

14. Саркисов Д. Ю., Эргешев Э. Т., Дубровина О. Н. Экспериментальные исследования железобетонных балок, усиленных обоймами, при динамическом нагружении // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: мат. Международных академических чтений. 2020. С. 190—196.
15. Мадатян С. А. Настоящее и будущее арматуры железобетонных конструкций в России // Вестник МГСУ. 2011. С. 33—38.
16. Джонс Р., Фэкзоару И. Неразрушающие методы испытания бетонов. М. : Стройиздат, 1974. 296 с.
17. Zhang W., Liu D., Cao K. Prediction of concrete compressive strength using support vector machine regression and non-destructive testing // Case Studies in Construction Materials. 2024. Vol. 21. Pp. 1—20. DOI: 10.1016/j.cscm.2024.e03416.
18. Breyse D. Nondestructive evaluation of concrete strength: An historical review and a new perspective by combining NDT methods // Construction and Building Materials. 2012. Vol. 33. Pp. 139—163. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.12.103.
19. Bogas J. A., Gomes M. G., Gomes A. Compressive strength evaluation of structural light-weight concrete by non-destructive ultrasonic pulse velocity method // Ultrasonics. 2013. Vol. 53. Iss. 5. Pp. 962—972. DOI: 10.1016/j.ultras.2012.12.012.
20. Poorarbab A., Ghasemi M., Moghaddam M. A. Concrete compressive strength prediction using non-destructive tests through response surface methodology // Ain Shams Engineering Journal. 2020. Vol. 11. Iss. 4. Pp. 939—949. DOI: 10.1016/j.asej.2020.02.009.
21. Улыбин А. В. Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 1. С. 4—13.
22. Миллер К. А., Легаев В. Р., Ишкин Е. С., Смышляев С. А. Определение фактического армирования при обследовании железобетонных конструкций // Национальная ассоциация ученых. 2015. № 15. С. 102—105.

© Саркисов Д. Ю., Устинов А. М., 2025

Поступила в редакцию
08.04.2025

Ссылка для цитирования:

Саркисов Д. Ю., Устинов А. М. Оценка несущей способности плит перекрытия при установке нового оборудования с учетом действующего производства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 2(99). С. 15—24. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_15.

Об авторах:

Саркисов Дмитрий Юрьевич — канд. техн. наук, доц., Томский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2; milandd@yandex.ru

Устинов Артем Михайлович — канд. техн. наук, доц., Томский государственный архитектурно-строительный университет. Российская Федерация, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2; artemustinov@bk.ru

Dmitrii Yu. Sarkisov, Artem M. Ustinov

Tomsk State University of Architecture and Building

ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF FLOOR SLABS DURING THE INSTALLATION OF NEW EQUIPMENT, TAKING INTO ACCOUNT EXISTING PRODUCTION

The relevance of the work was caused by the practical task of installing new equipment on a reinforced concrete floor-to-floor ceiling, which arose in the conditions of the current production. The task was complicated by the lack of design documentation for the building and the inability to carry out work from below the floor slabs due to the availability of clean production without the possibility of stopping. The analysis and assessment of the bearing capacity of reinforced concrete floor slabs has

been carried out, taking into account the need to install new equipment in the conditions of existing production. An integrated approach to solving the problem is presented, taking into account the existing restrictions on the inspection of floor slabs.

Key words: reinforced concrete slabs, assessment of bearing capacity, concrete strength, inspection of buildings and structures.

For citation:

Sarkisov D. Yu., Ustinov A. M. [Assessment of the bearing capacity of floor slabs during the installation of new equipment, taking into account existing production]. *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], 2025, iss. 2, pp. 15—24. DOI: 10.35211/18154360_2025_2_15.

About authors:

Dmitrii Yu. Sarkisov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Tomsk State University of Architecture and Building. 2, Solyanaya sq., 634003, Tomsk, Russian Federation; Milandd@yandex.ru

Artem M. Ustinov — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Tomsk State University of Architecture and Building. 2, Solyanaya sq., 634003, Tomsk, Russian Federation; artemustinov@bk.ru