

ской государственный технический университет», Тверь. E-mail: iliy-lepehin@rambler.ru

About the authors:

ASTAFIEVA Ksenia Sergeevna – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: kseniyaastafyeva@gmail.com

LAZAREV Oleg Evgenievich – Senior Lecturer of the Department of Geodesy and Cadastre, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lazarev_tvgu@mail.ru

LAZAREVA Oksana Sergeevna – Candidate of Economics, Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastre, Tver State Technical University, Tver. E-mail: lazos_tvgu@mail.ru

LEPEKHIN Ilya Alexandrovich – Candidate of Law, Associate Professor of the Department of Geodesy and Cadastre, Tver State Technical University, Tver. E-mail: iliy-lepehin@rambler.ru

УДК 67.11.31

ПРИМЕНЕНИЕ УЗЛОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА

**Т.Р. Баркая, С.Л. Субботин,
А.В. Бровкин, В.Ю. Артемьев**

© Баркая Т.Р., Субботин С.Л.,
Бровкин А.В., Артемьев В.Ю., 2025

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения железобетонных перекрытий при проектировании зданий с вертикальным технологическим процессом в условиях ограниченного пространства. Проанализированы два типа конструкций: безбалочные бескапительные перекрытия и перекрытия с капителями. Сопоставлены их конструктивные характеристики, несущая способность. Указано, что результаты работы могут быть использованы проектировщиками и строителями для повышения рациональности конструктивных решений.

Ключевые слова: железобетонные перекрытия, бескапительные перекрытия, капители, вертикальный технологический процесс, ограниченное пространство.

Введение

В современных условиях, определяющих развитие промышленного строительства, особенно в секторах с вертикальной организацией технологических процессов и значительными эксплуатационными нагрузками, проектировщики зданий сталкиваются с серьезным вызовом, а именно с необходимостью обеспечения несущей способности конструкций в условиях ограниченного пространства на строительной площадке. Такое затруднение часто мешает возведению протяженных зданий и вынуждает проектировать компактные сооружения с многоэтажной организацией технологий. Подобное положение дел характерно для объектов тяжелой промышленности, в которых перекрытия должны выдерживать не только статические нагрузки от массивного оборудования и трубопроводов, но и динамические воздействия, связанные с вибрациями, температурными деформациями или циклическими нагрузками.

Среди множества вариантов железобетонных перекрытий наибольшее внимание заслуживают безбалочные бескарпеточные перекрытия и перекрытия с капителями. Первые обеспечивают минимальную высоту конструкции и упрощают монтаж инженерных систем. Перекрытия с капителями благодаря локальному усилению узлов сопряжения демонстрируют повышенную прочность и устойчивость к деформациям, но уменьшают полезную высоту этажа и усложняют монтаж необходимого оборудования.

Целью статьи является проведение аналитического обзора существующих решений с целью выявления преимуществ и недостатков указанных типов перекрытия, а также их несущей способности.

Конструктивные особенности

При проектировании выбранных типов перекрытий принято рассматривать узел сопряжения колонны с перекрытием как один из самых важных и ответственных элементов. Данное место является потенциально опасным и критичным, поскольку в этой зоне под действием разрушающей нагрузки, передаваемой от колонны, появляется продавливание плиты, при котором усилие распределяется под углом в 45° .

В современных нормативных документах [1] используется расчетная модель (рис. 1), основанная на гипотезе о разрушении плоских плит по пирамиде продавливания. При этом контур поперечного сечения определяется в зависимости от расположения площадки передачи нагрузки: либо по краю, либо внутри плоского элемента. С учетом расположения данной площадки необходимо проводить расчеты для обеспечения прочности при воздействии продавливания на плоское железобетонное перекрытие под действием концентрированных усилий: изгибающего момента M и сосредоточенной силы F .

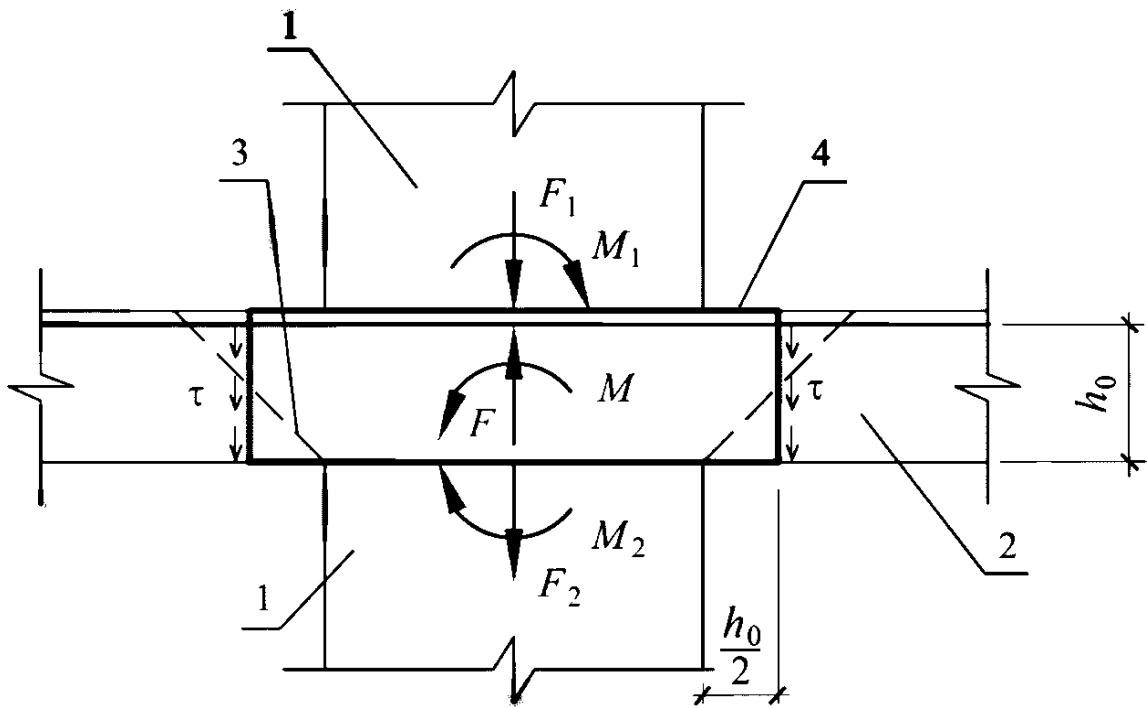


Рис. 1. Расчетная схема для оценки прочности на продавливание:

1 – колонна; 2 – плита; 3 – пирамида продавливания;
4 – условный расчетный контур

Узлы сопряжения колонны с капителью и без

Капитель формируется путем увеличения поперечного сечения колонны в зоне примыкания к плите. Размеры капители рассчитываются исходя из величины нагрузки и требований по продавливанию.

Капитель распределяет нагрузку, а конкретнее, преобразовывает сосредоточенную нагрузку от колонны в распределительную, за счет чего снижается напряжение в бетоне плиты. Благодаря увеличенному сечению капитель препятствует образованию трещин по поверхности. В зависимости от конструктивного решения капители (рис. 2) могут быть выполнены в виде усеченной четырехгранной пирамиды; с усилением надkapительной плитой; с надkapительной плитой с наклонными скосами.

Арматурные стержни устраивают по бокам и углам капителей. Горизонтальные стержни устанавливают с помощью вязки или сварки, объединяя все стержни в каркас. Положение каркасов нужно согласовывать с положением стержней колонн и рабочих сеток плит перекрытия [2].

В источниках [3, 4] предусматривается применение встроенного в толщу плиты металлического узла (рис. 3). Основная идея метода – формирование металлических элементов через взаимное пересечение стальных панелей, образующих перпендикулярную сетку.

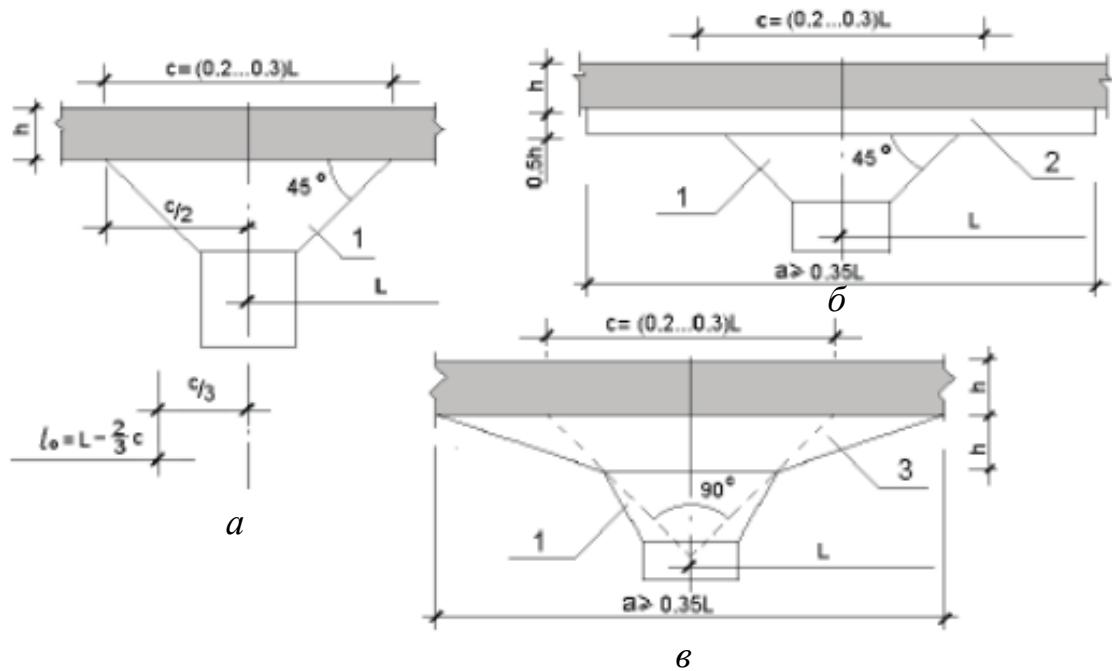


Рис. 2. Конструктивные решения капиталей:
 а – усеченная четырехгранная пирамида;
 б – усиление надkapительной плитой;
 в – надkapительная плита с наклонными скосами

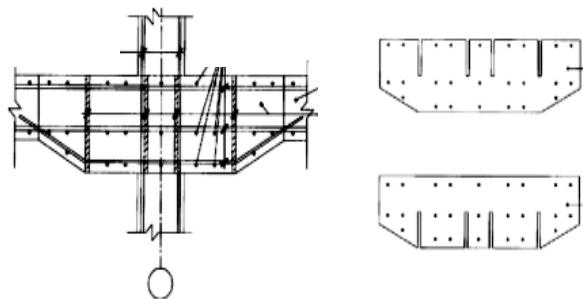


Рис. 3. Конструкция с применением встроенного в тело плиты металлического узла

В вышеназванных панелях предусмотрены технологические отверстия, обеспечивающие свободный проход сжатой и растянутой арматуры. Отличие описанного метода от традиционных схем, в которых используется монолитная арматура, – установка стальных листов на всю высоту сечения плиты, что позволяет значительно повысить жесткость конструкции, ее устойчивость к появлению трещин и несущую способность при изгибе и продавливании. Кроме того, значимым преимуществом такой конструкции выступает увеличение безопасности эксплуатации за счет предотвращения внезапного разрушения. Последнее достигается благодаря взаимодействию бетона с металлическими

панелями и арматурой при восприятии сдвиговых и изгибных нагрузок. Наличие подготовленных отверстий для арматуры облегчает проведение монтажных операций.

При устройстве капители в форме усеченной пирамиды (рис. 4), размещаемой поверх перекрытия и примыкающей к нему большим основанием [5], армирование происходит путем укладки сеток или каркасов. Нижние концы располагают на нижней сетке плиты, а верхние доводятся до рабочих стержней колонны. Данное проектное решение не повлияет на уменьшение полезного пространства, так как усиление будет перекрыто конструкцией пола, а сама пирамида выходит за пределы колонны не более чем на 15–20 см.

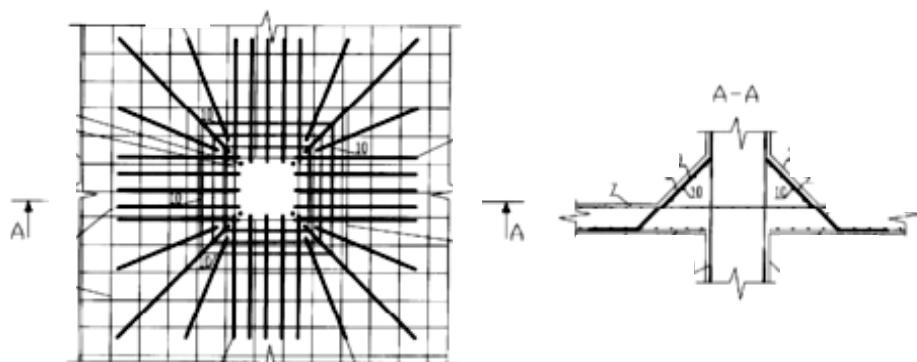


Рис. 4. Устройство усиления с помощью капители
в виде усеченной пирамиды

В отличие от балочных или капительных конструкций, где нагрузка распределяется через дополнительные несущие элементы, в данном случае плита опирается прямо на колонну, что делает зону примыкания особенно ответственной. В узле сопряжения возникают следующие основные воздействия:

1. Продавливание плиты (наиболее часто встречается; при нем сосредоточенная нагрузка от плиты вызывает срез бетона по поверхности, напоминающей усеченный конус с углом наклона 45° от грани колонны).
2. Изгибающие моменты (возникают в плите вблизи колонны под влиянием внешних нагрузок и могут привести к образованию трещин).
3. Сдвиговые усилия (они направлены на смещение плиты относительно колонны; особенно важно принимать их во внимание при динамических или неравномерных нагрузках).

Для усиления стыка можно применять следующие конструктивные решения [6]:

- использовать жесткую арматуру;
- воплощать в жизнь разные схемы усиления (линейные/плоские);
- придумывать особое расположение дополнительной поперечной арматуры.

Уникальный способ сопряжения железобетонного перекрытия с колонной при использовании цельных металлических пластин был представлен в патенте С.М. Анпилова, А.С. Рыжкова [7]. Необычность их решения (рис. 5) заключается в создании неразделенного соединения путем защемления цельных металлических пластин. Каждая пластина установлена сквозь колонну, соединена с арматурным каркасом колонны и плиты перекрытия при помощи сварки. В дополнение к этому взаимно перпендикулярные пластины соединяются между собой через паз, проделанный в теле каждой пластины. В результате узел получается более технологичным и облегчает процесс укладки бетона. Происходит также значительное усиление стыка, за счет чего повышается несущая способность узла, изменяется схема образования призмы продавливания, которая устанавливается за пределами длины пластины.

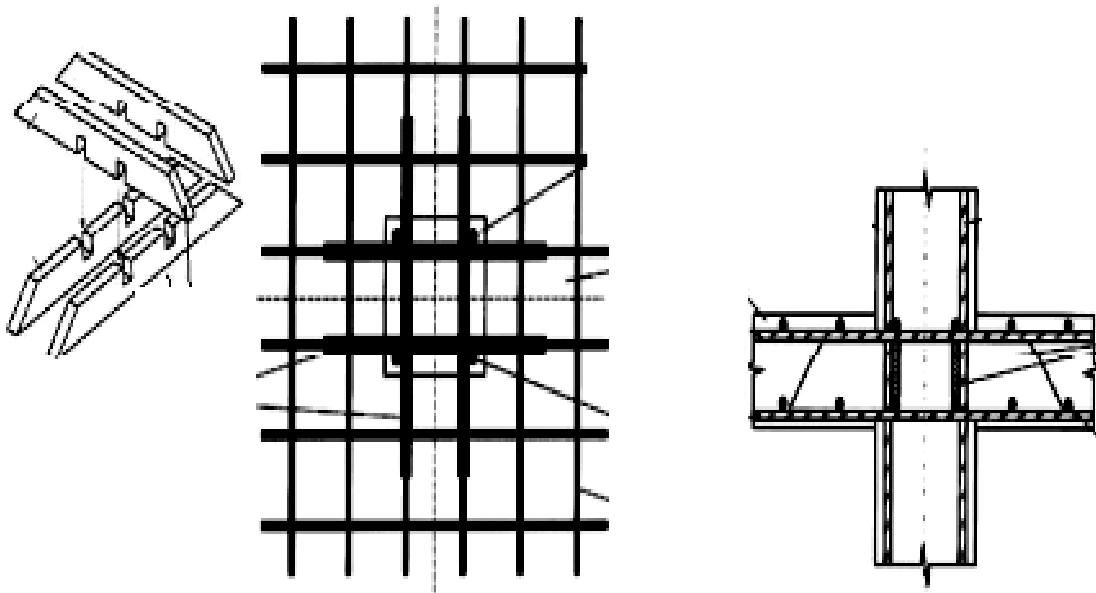


Рис. 5. Соединение при помощи металлических пластин с пазами

Наряду с вышеперечисленными способами усиления применяются и другие.

В Германии представили особый тип усиления [8] стыка, а именно базирующийся на применении вертикальных стержней с анкерами по концам. Данный способ характеризуется повышенной прочностью плит при одновременной тонкости самой конструкции. Инженерное решение позволяет устанавливать стержни на всю высоту сечения плиты. При указанном способе армирования, как утверждают его авторы, возрастает восприятие полезной нагрузки на 25–26 % по сравнению с базовым усилением хомутами (рис. 6).

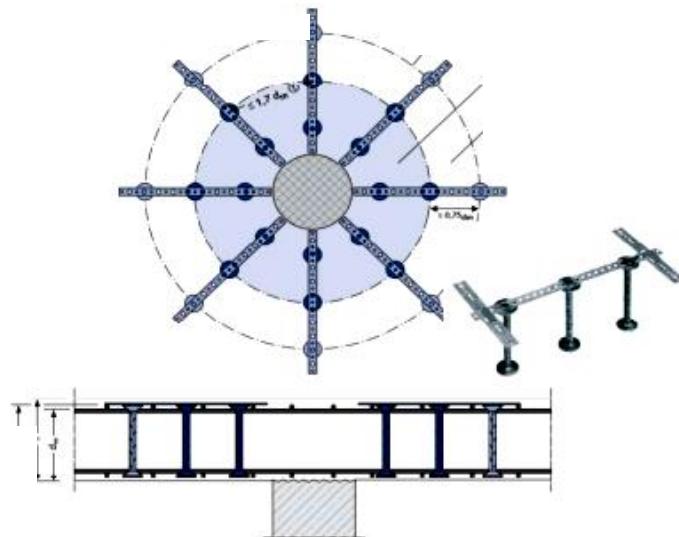


Рис. 6. Усиление при помощи анкеров и пластин

При устройстве стыка колонны с перекрытием (рис. 7) используют фибробетоны [9]. Данный способ примечателен тем, что не предполагает значительных затрат на дополнительные арматурные работы. Несущая способность узла обеспечивается путем устройства фибры с анкерами, равномерно распределенными по основанию участка в форме уширений или загибов. Данное решение позволяет минимизировать появление наклонных трещин и придает конструкции долговечность.

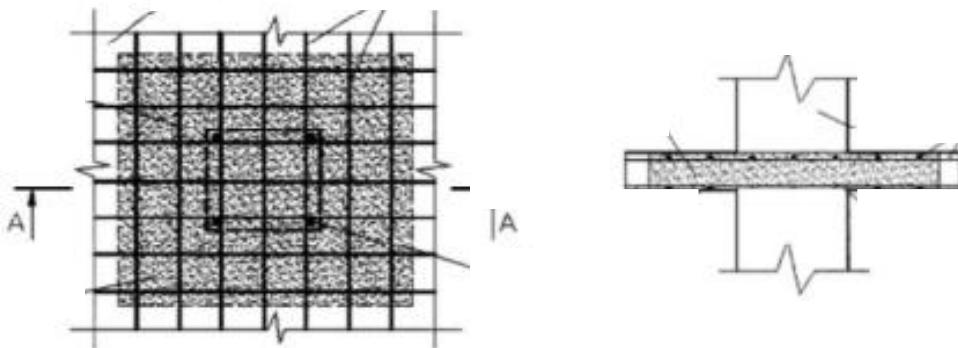


Рис. 7. Конструкция стыка с использованием фибробетонов

Результаты исследования

Преимущества и ограничения каждого варианта

Безбалочное бескаркасное перекрытие позволяет минимизировать высоту конструкции, так как отсутствие капителей снижает общую высоту здания. Упрощается монтаж благодаря тому, что монолитная плита без дополнительных элементов ускоряет возведение и уменьшает трудозатраты. Однако существует риск продавливания: при значительных

нагрузках плита может разрушаться по наклонной поверхности под углом 45° в зоне контакта с колонной.

Перекрытия с капителями повышают прочность. Капитель распределяет нагрузку от колонны на большую площадь плиты, снижая тем самым концентрацию напряжений. Указанные перекрытия устойчивы к продавливанию, локальное утолщение конструкции увеличивает сопротивление срезу и продольным деформациям.

Недостатки перекрытий с капителями:

1. Они требуют дополнительного пространства по вертикали, что может быть критично для зданий с низкими потолками.
2. Необходимо точно формировать геометрию капители и усиливать армирование, что увеличивает трудозатраты.
3. Дополнительный бетон и арматура в зоне капители повышают стоимость конструкции.

Заключение

Анализ, осуществленный нами, показал, что выбор между типами перекрытий и узлами стыка между колонной и плитой перекрытия – это попытка нахождения баланса между прочностью, стоимостью и условиями эксплуатации.

Бескапительные перекрытия эффективны при ограниченном пространстве и умеренных нагрузках. Их применение оправдано, если строго соблюдаются требования к армированию и контролю качества бетонирования.

Перекрытия с капителями незаменимы в тяжелой промышленности, в которой требуются максимальная несущая способность и долговечность. Экономическая целесообразность таких перекрытий возрастает при длительном сроке эксплуатации сооружения.

Библиографический список

1. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293732/4293732352.pdf> (дата обращения: 22.03.2025).
2. Малахова А.Н. Проектирование монолитных плит перекрытий с капителями // Вестник МГСУ. 2011. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovaniye-monolitnyh-plit-perekrytiy-s-kapitelyami-1> (дата обращения: 10.05.2025).
3. Плитная железобетонная конструкция: пат. 73891 Рос. Федерация № 2006133624/22 / Пекин Д.А., Мочалов А.Л.; заявл. 20.09.2006; опубл. 10.06.2008. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU73891U1_20080610 (дата обращения: 23.03.2025).
4. Пекин Д.А. Несущая способность опорных зон монолитных железобетонных безбалочных перекрытий, усиленных скрытыми металлическими капителями: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01. М., 2016. 242 с.

5. Яров В.А., Коянкин А.А. Стык колонны с перекрытием в безбалочных каркасах многоэтажных зданий // Вестник ТГАСУ. 2007. № 4. С. 75–80.

6. Захарова Я.Ю., Тишков Н.Л. Конструктивные решения стыка безбалочного плоского монолитного перекрытия с колонной // Материалы 60-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ. Хабаровск: ТОГУ, 2020. С. 357–364.

7. Стыковое соединение железобетонного перекрытия с колонной: пат. 52035 Рос. Федерации № 2005131818/22 / Анпилов С.М., Рыжков А.С.; заявл. 13.10.2005; опубл. 10.03.2006. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU52035U1_20060310 (дата обращения: 23.03.2025).

8. Арматура против продавливания типа HDB. Техническая информация. URL: <http://minisant.ru/pdf/new/HDB.pdf> (дата обращения: 24.03.2025).

9. Стыковое соединение в монолитном железобетонном безбалочном каркасе: пат. № 52036 Рос. Федерации № 2005137992/22 / Яров В.А., Плясунов Е.Г., Винник А.Н., Рожков В.Ф., Рубцов А.В.; заявл. 06.12.2005; опубл. 10.03.2006. URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU52036U1_20060310 (дата обращения: 24.03.2025).

APPLICATION OF REINFORCED CONCRETE SLABS IN VERTICAL TECHNOLOGICAL PROCESSES UNDER LIMITED SPACE CONDITIONS

**T.R. Barkaya, S.L. Subbotin,
A.V. Brovkin, V.Yu. Artemyev**

Abstract. The article discusses the features of the use of reinforced concrete floors in the design of buildings with vertical technological process in conditions of limited space. Two types of structures are analyzed: girderless ceilings and ceilings with capitals. Their design characteristics and load-bearing capacity are compared. It is indicated that the results of the work can be used by designers and builders to increase the rationality of constructive solutions.

Keywords: reinforced concrete slabs, beamless slab floors, capitals, vertical technological process, limited space, load-bearing capacity, economic efficiency.

Об авторах:

БАРКАЯ Темур Рауфович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: btrs@list.ru

СУББОТИН Сергей Львович – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: sbtn@yandex.ru

БРОВКИН Андрей Викторович – доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: a.brovkin82@gmail.com

АРТЕМЬЕВ Владимир Юрьевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: vladimir.artemyev02@mail.ru

About the authors:

BARKAYA Temur Raufovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Structures and Buildings, Tver State Technical University, Tver. E-mail: btrs@list.ru

SUBBOTIN Sergey Lvovich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Structures and Buildings, Tver State Technical University, Tver. E-mail: sbtn@yandex.ru

BROVKIN Andrey Viktorovich – Associate Professor of the Department of Structures and Buildings, Tver State Technical University, Tver. E-mail: a.brovkin82@gmail.com

ARTEMYEV Vladimir Yuryevich – Master's Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: vladimir.artemyev02@mail.ru

УДК 347.214.2 + 347.451.41 + 332.8 + 330.322

**РИСКИ ПОКУПКИ КВАРТИРЫ
НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА
И ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ**

**М.В. Грицова, И.А. Лепехин,
А.А. Артемьев, О.Е. Лазарев**

© Грицова М.В., Лепехин И.А.,
Артемьев А.А., Лазарев О.Е., 2025

Аннотация. Статья посвящена исследованию рисков, которые могут возникнуть при покупке квартиры на начальном этапе строительства. Проанализированы такого рода опасности. Приведены рекомендации, следование которым позволит минимизировать соответствующие риски. Особое внимание уделено новым угрозам, которые возникли в исследуемой сфере правоотношений в связи с