

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-128-137

^{1,*}Муртазин Р.Ш., ¹Мухамадеев К.Т., ²Сабитов Л.С.¹Казанский государственный энергетический университет²Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

*E-mail: murtrinat@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ С ПЛОСКИМ ПЕРЕКРЫТИЕМ

Аннотация. В настоящей работе автором приводится общий обзор применяемых несущих каркасных систем с плоским потолком (безригельных и с ригелем, скрытым в плоскости диска перекрытия), выполнение которых на строительной площадке осуществляется с применением сборных железобетонных изделий заводского изготовления. Также описаны основные положения и результаты натурного испытания элементов перекрытия малораспространённого в Российской Федерации сборного железобетонного несущего каркаса по патенту № 132814 «Сборный железобетонный каркас».

Исследования по существующим несущим системам с плоской нижней гранью перекрытия проводились посредством изучения патентной документации, доступной во всероссийской патентно-технической библиотеке; информации, размещённой авторами в открытых источниках, научных статей авторов несущих систем. Натурные испытания элементов перекрытия каркаса по патенту № 132814 «Сборный железобетонный каркас» производились путём эмпирического эксперимента с нагружением предварительно изготовленных элементов по рассматриваемой системе сборно-монолитного железобетонного строительства. В ходе испытаний замерялись вертикальные перемещения элементов, появление и ширина раскрытия их трещин, была зафиксирована разрушающая нагрузка. По зафиксированной разрушающей нагрузке был высчитан коэффициент безопасности по ГОСТ 8829-2018 для испытанных элементов перекрытия.

Полученные в результате испытаний значения разрушающей нагрузки конструкций перекрытия подтверждают надёжность принятых решений, чем обосновывается целесообразность их дальнейшей разработки. Полученные по ГОСТ 8829-2018 коэффициенты безопасности ригелей и плит перекрытия удовлетворяют требованиям по прочности, предъявляемым к строительным конструкциям.

Ключевые слова: сборный железобетон, гражданское строительство, плоское перекрытие, сборно-монолитный каркас, несущий каркас

Введение. Возведение зданий из сборного железобетона является одним из наиболее перспективных направлений. Ежегодно во всем мире производится более 3 млрд. м³ бетона и железобетона. Применение сборных железобетонных элементов позволяет перенести большую часть работ по возведению объекта строительства на железобетонные заводы и комбинаты с высокомеханизированными и частично автоматизированными технологическими процессами. Использование железобетонных изделий заводского изготовления позволяет значительно сократить сроки строительства, уменьшает трудоемкость работ, упрощает производство работ в зимний период. Например, по сравнению с монолитной каркасной или бескаркасной технологиями возведения зданий, исключается острая необходимость в устройстве вспомогательных конструкций: подмостей, опалубочных форм и пр. На производстве железобетона осуществляется обязательный входной контроль качества сырья, поступающего на склады. На бетоносмесительных узлах используется технологическое оборудование, обеспечивающее стабильное ка-

чество получаемых бетонных смесей. Весь технологический процесс производства контролируется собственными лабораториями заводов.

Широко применяемый на территории России и адаптированный для жилья связевый каркас межвидового применения серии 1.020-1/87 [1] с использованием сборных железобетонных изделий при высоком уровне индустриальности ограничивает архитектурно-планировочные возможности из-за выступающих за потолочную поверхность перекрытия ригелей. Подобные решения по устройству перекрытий представлены также в сборно-монолитных каркасах по технологиям «Сарет», «Рекон» [2, 3], «Казань XXI в.» [4–8], конструктивных решениях команд Сальникова В.Б. [9], Зырянова П.А. [10], Прыткова В.Т. [11], Лазарева И.А. [12].

Из существующих в настоящее время современных решений каркасов рассмотрим лишь те, которые имеют конструктивную схему с плоским перекрытием. В отечественной практике наиболее известны следующие решения: система «Аркас» (каркас серии Б-1.020.1-7) [13–17], разработанная БелНИИС; конструктивная система безригельного сборно-монолитного каркаса «КУБ-

2.5» [18]; регионально-адаптируемая индустриальная универсальная строительная система «РАДИУСС» [19, 20], разработка которой производилась Центральным научно-исследовательским и проектным институтом ЦНИИЭП реконструкции совместно с рядом других научных объединений, включая Казанский государственный архитектурно-строительный университет.

Анализ перечисленных каркасных систем выполнен на основе авторских технических описаний и иллюстраций к ним, приведенных в различных публикациях научно-технического характера и в открытых источниках сети Интернет.

Железобетонные изделия, применяемые в системе «Аркас», во многом схожи с теми, что предлагают системы возведения зданий и сооружений, упомянутые ранее («Казань XXI в.» [4–8], «Сарет», «Рекон» [2, 3] и другие). Вертикальные несущие конструкции так же представлены многоярусными колоннами, ярусы которых разделяются разрывами бетонирования в уровне диска перекрытия с оголённой арматурой. Диск перекрытия складывается из многопустотных плит перекрытия и монолитных ригелей, которые выполняются в высотных границах диска перекрытия, за счёт чего обеспечивается ровная поверхность потолков по нижней грани плит перекрытия.

В ходе монтажа конструкций каркаса многопустотные плиты перекрытия устанавливаются на временные опоры. Сквозь разрывы бетонирования, разделяющие ярусы колонн, пропускается рабочая арматура ригелей, после чего посредством бетонирования на строительной площадке изготавливаются сами монолитные ригели. По формовании монолитных ригелей временные опоры плит перекрытия снимаются. Опираемые плиты перекрытия на конструкции ригелей осуществляется бетонными шпонками, которые были образованы посредством затекания монолитного бетона ригелей в пустоты по торцам плит.

На период возведения каркасы многопустотные плиты, образующие собой сборно-монолитный диск перекрытия, монтируются на временные опоры. По выполнении монолитных ригелей опирание плит перекрытия на них осуществляется посредством бетонных шпонок, образованных затеканием монолитного бетона ригелей в пустоты по торцам плит. Следовательно, надёжность опорных сечений плит должна быть обусловлена высоким качеством работ при выполнении узлов «плита-ригель», которое сложно гарантированно обеспечить. Для этого на строительной площадке необходимы постоянный технический контроль и высокая культура производства.

Поперечный и продольный шаги колонн принимаются в промежутке от 2,7 до 7,2 м с шагом 0,3 м. В случае необходимости пролёт несущего ригеля может достигать 7,2 м, включая размеры, не модульные 30 см, что позволяет устраивать перекрытие ячеек сетки колонн любых размеров вплоть до 7,2 м, позволяя девиации от предусмотренной модульной сетки.

Дополнительно, в структуре имеются монолитные ригели, расположенные в двух пересекающихся направлениях – несущие и связевые. Опорный узел с колонной обильно армируется, что в значительной мере усложняет выполнение полного и качественного замоноличивания узла бетоном.

Безригельная универсальная конструктивная система сборно-монолитного строительства под названием «КУБ-2.5» включает в себя колонны и плиты перекрытия трёх видов: надколонные, межколонные и средние. В колоннах в уровне диска перекрытия выполняются разрывы бетонирования, представляющие своей формой четырёхгранные усечённые пирамиды, соединённые вершинами. В пределах данного разрыва бетонирования, который обеспечивает сопряжения колонн с панелями перекрытия посредством образования шпонок, оголена несущая арматура. В торцах панели имеют петлевые выпуски, которые обеспечивают монолитную связь смежных панелей.

Использование данной системы позволяет возводить здания, достигающие в высоту до 25 этажей. Объекты строительства, возведённые по системе «КУБ-2.5», могут иметь жилое, общественное и промышленное назначение. Несущие конструкции данной системы могут использоваться для возведения зданий, обладающих I степенью огнестойкости. Так же по части архитектурно-планировочных решений система позволяет выносить плиты перекрытия консольно на пролёт до полутора (1,5) метра, при этом наружный контур консольных плит может определяться достаточно гибко.

В системе «КУБ-2.5», как и в системе «АРКОС», сопряжение несущих элементов осуществляется за счёт монолитного бетона. Большая часть конструктивной надёжности каркаса приходится на качество выполнения опорного узла «плита-колонна», который является основным критерием прочности и устойчивости для несущих систем, возведённой по данной системе.

Регионально-адаптируемая индустриальная универсальная строительная система «РАДИУСС», как и вышеупомянутые, в качестве вертикальных несущих конструкций использует многоярусные железобетонные колонны заводского

изготовления. Как и в системе «АРКОС», сборно-монолитный диск перекрытия сложен многопустотными плитами перекрытия и монолитным ригелем без предварительного напряжения арматуры. В системе используется три вида сечения монолитного ригеля и соответствующие им виды колонн, таким образом, получается достаточно большое количество типоразмеров сборных несущих элементов.

Конструктивные решения, которые предлагает система «РАДИУСС», выполнены с принятием во внимание региональных особенностей материально-технической и технологических баз строительной индустрии в РФ.

Данной системой предусматривается выполнение диска перекрытия с применением плит перекрытия сплошного сечения, высотой сечения 160 мм, или многопустотных плит перекрытия, толщиной 220 мм. Зачастую при определении технологического решения по устройству диска перекрытия каркаса руководствуются условиями производства, которые характерны для избранной площадки строительства. Ячейки сетки колонн определяются размерами 3×6 м; 3,6×6 м; 3×7,2 м и 3,6×7,2 м.

Также следует отметить разработку Марийского государственного технического университета по патенту № 2357049 [21]. Данный патент в своём описании цитирует сборно-монолитный каркас «Казань XXI в.» [4–8], ссылаясь на наличие в нём ригеля, выступающего за плоскость потолка на 250–300 мм.

Как и цитируемый данной разработкой каркас, данная система представляет собой железобетонную систему с жёстко замоноличенными узлами колонна-ригель-плита. Она состоит из многоярусных колонн с разрывами бетонирования в уровне диска перекрытия; многопустотных плит перекрытия и сборно-монолитных ригелей перекрытия. Соединение колонн по высоте также производится посредством штепсельного стыка. Основным отличием является то, что ригели перекрытия имеют большую ширину, но меньшую высоту сечения, что позволяет полностью скрывать их в плоскости диска перекрытия.

ОпираНИЕ плит перекрытия на сборную часть ригеля выполняется с помощью консольных выпусков арматуры по боковым поверхностям ригеля, которые замоноличиваются бетонными шпонками по торцам плит перекрытия.

Материалы и методы. За объект исследования принят несущий каркас по патенту № 132814 [22], разработанный на результатах анализа используемых в современной практике каркасных систем с учётом выявленных в них недо-

статков. Рассматриваемая конструктивная система предполагает использование максимального объёма сборного железобетона, монолитным предполагается выполнение лишь узлов сопряжения, в большинстве своём образующими жёсткую связь элементов. За основу несущего каркаса по патенту № 132814 [22] принят связевый каркас серии 1.020-1/87 [1], из которого неизменной осталась только колонна, а ригель и плита перекрытия претерпели существенные изменения как в опалубочной форме, так и в армировании.

Разрушающие исследования проводились с использованием штучных бетонных блоков, весом 115 кг; фундаментных блоков марки ФБС и измерительных приборов, в частности микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм.

Высота сечения ригеля перекрытия, в целях обеспечения плоского перекрытия с его нижней стороны, принята высотой 300 мм сложной формы поперечного сечения. Принятая высота поперечного сечения позволяет обеспечить пролёт ригеля в осях колонн до 6,6 м. Сборный ригель сечением 600×300(н) мм и длиной 6160 мм (рис. 1), выполняемый предварительно напряжённым [23], имеет подрезку в опорной части, как в серии 1.020-1/87 для опирания на консоль колонны. Высота подрезки составляет 150 мм. По боковым граням ригеля выполнены выступающие полки

Ригель имеет выступающие полки размером 100×80 мм для опирания плит перекрытия по боковым граням. Для армирования используются пространственные каркасы и предварительно напряжённые стержни класса Ат600.

Основное преимущество рассматриваемой каркасной несущей системы, относительно перечисленных ранее «Сарет», «Рекон» [2, 3], «Казань XXI в.» [4–8], конструктивных решений команд Сальникова В.Б. [9], Зырянова П.А. [10], Прыткова В.Т. [11], Лазарева И.А. [12] – возможность устройства перекрытия с плоской нижней гранью, без выступающих за нижнюю поверхность плит перекрытия балок и ригелей. Также стоит отметить низкое использование монолитного бетона – не более 2 % от общего объёма бетонирования.

Снижение несущей способности ригеля, обусловленное меньшей, по сравнению с серией 1.020-1/87, высотой поперечного сечения корректируется неразрезностью балки в опорных зонах. Неразрезные условия работы обеспечиваются посредством соединения выпусков арматуры по торцам ригеля, что дополнительно позволяет увеличить жёсткость и трещиностойкость.

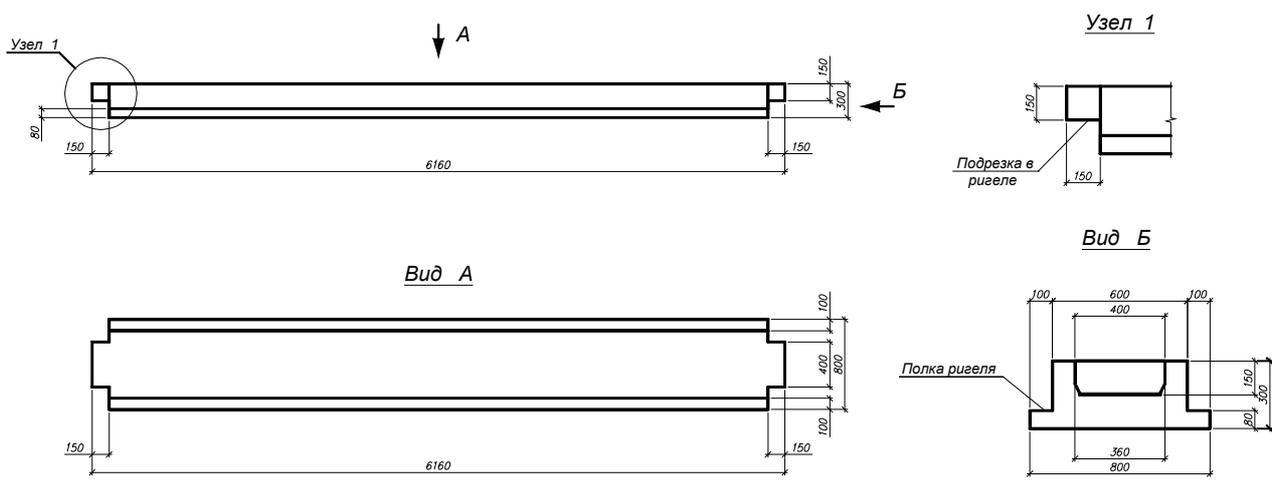


Рис. 1. Опалубочный чертеж ригеля

Многopустотные плиты перекрытия с габаритом 5980×1190×220(h) мм выполнены с подрезкой под опирание на полу ригеля размерами 100×80(h) мм по торцам (рис. 2). Выполненные плиты перекрытия обладают меньшим количеством пустот, по сравнению с типовыми по серии

1.141.1-38 [24], что позволило увеличить толщину ребра между пустотами – данное решение позволило увеличить толщину ребра между пустотами, что повлекло увеличение несущей способности и материалоемкости перекрытия.

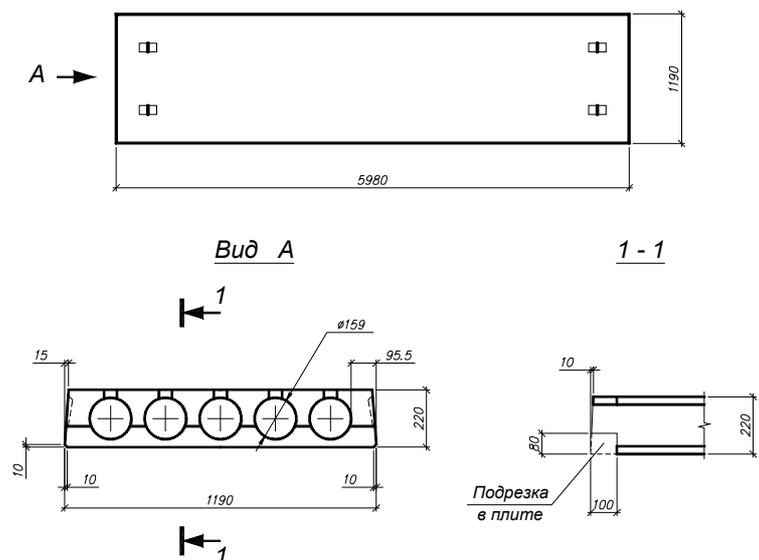


Рис. 2. Опалубочный чертеж плиты перекрытия

Сборные изделия (плиты перекрытия и ригели) по рассматриваемому каркасу были изготовлены и успешно испытаны на территории завода строительных конструкций компании «РАФФ» г. Казани Республики Татарстан.

крытия трещин, снятия показаний с измерительных приборов. Каждый этап загрузки превышал предыдущий на 10 % от ожидаемой разрушающей нагрузки кратно 115 кг – весу использованных бетонных блоков.

Сам процесс испытания состоял из постепенного приложения нагрузки на испытуемый элемент конструкции посредством размещения на ней грузов – бетонных блоков. Каждое нагружение сопровождалось выдержкой 15 минут (при контрольных нагружениях по жёсткости и прочности – 30 минут), во время которой испытуемый элемент был обследован на предмет вертикальных деформаций, факта наличия и ширины рас-

В процессе испытания замерялись вертикальные перемещения (прогибы) испытываемой плиты. Появление трещин и ширину их раскрытия фиксировали с помощью микроскопа МПБ-2 с ценой деления 0,05 мм. Во избежание получения недостоверных результатов, обусловленных неравномерностью задаваемой нагрузки, грузы размещались через деревянные прокладки по направлению от торцов плиты к середине её пролёта (рис. 3).



Рис. 3. Испытание плиты перекрытия на территории завода строительных конструкций «РАФФ», г. Казань Республики Татарстан

Схема испытания ригеля представляла собой систему, состоящую из трех ригелей (двух крайних и одного среднего) и опертых на них многопустотных плит перекрытия марки ПК42.15-8 [25]. Грузы в виде фундаментных блоков марки

ФБС укладывали на плиты перекрытия (рис. 4). Нагружение среднего ригеля происходило передачей нагрузки на его полки через плиты перекрытия. Целью испытания являлась проверка прочности ригеля.



Рис. 4. Испытание ригеля на территории завода строительных конструкций «РАФФ», г. Казань Республики Татарстан

Основная часть. По результатам проведённых испытаний были установлены вертикальные

перемещения и нагрузки, соответствующие разрушающим для круглопустотной плиты перекрытия и сборной части ригеля перекрытия.

В результате воздействия на испытываемую плиту перекрытия путём приложения контрольной по проверке жёсткости нагрузки [26], значение которой составляло 4,73 тс или 0,63 т/м², прогиб в середине плиты после выдержки составил 7,5 мм. Зафиксированная величина вертикального перемещения значительно меньше предельно допускаемой по табл. Е.1 нормативных документов [27] – она принимается равной 1/200 от пролёта перекрытия. Для исследуемого случая она составляет 30 мм. Так же в ходе приложения вышеупомянутой контрольной нагрузки зафиксированная ширина раскрытия трещин в середине пролёта плиты составила 0,05 мм, что так же является значением, значительно меньшим относительно допустимой ширины раскрытия трещины, равной 0,3 мм согласно п.п. 4.2.1.3 СП [23].

Разрушение испытываемого элемента произошло в результате приложения нагрузки равной 14,7 т (2,09 т/м² равномерно распределённой нагрузки). Разрушение имело хрупкий характер и сопровождалось раздроблением бетона сжатой зоны плиты перекрытия. Таким образом, коэффициент безопасности по приложению Б ГОСТ [26] составил 2,08.

$$C = \frac{14,7 + 2,32}{8,176} = 2,08 . \quad (1)$$

В (1):

- 14,7 т – нагрузка, приложение которой повлекло разрушение элемента перекрытия;
- 8,176 т – ожидаемая разрушающая нагрузка на испытываемый элемент, включая его собственный вес;
- 2,32 т – нагрузка от собственного веса плиты перекрытия.

В ходе испытания ригеля перекрытия удалось достигнуть величины прикладываемой нагрузки, равной 76,5 т, прежде, чем произошло разрушение ригеля, позволяющее зафиксировать разрушающую нагрузку. Как и в случае с плитой перекрытия, хрупкое разрушение произошло вследствие раздробления бетона сжатой зоны. В данном случае коэффициент безопасности по [26] составил 1,62.

$$C = \frac{76,5 + 11,11}{53,9} = 1,62 . \quad (2)$$

В (2):

- 76,5 т – нагрузка, приложение которой повлекло разрушение элемента перекрытия;
- 53,9 т – ожидаемая разрушающая нагрузка на испытываемый элемент, включая его собственный вес;
- 11,11 т – нагрузка от собственного веса ригеля и плит перекрытия,

Полученные в (1) и (2) коэффициенты безопасности превышают требуемое значение для второго случая разрушения по [26], равное 1,6. Ввиду изложенного надлежит сделать вывод, что требования, предъявляемые к конструкциям по прочности [26] выполнены в полном объёме.

Таким образом, исходя из описанных в настоящей работе положений и выводов по результатам проведённых испытаний изделий, представляющих собой конструкции сборно-монолитного диска перекрытия по [22], следует сделать вывод о соответствии испытанных изделий требованиям строительных норм [23, 26, 27] по прочности, жёсткости и трещиностойкости. Это означает, что дальнейшая разработка строительной системы с использованием сборных изделий, выполненных по аналогии с испытанными образцами, является целесообразной.

Выводы.

1. Разработаны и выполнены конструкции существующей конструктивной системы, использование которых позволяет выполнить плоское сборно-монолитное перекрытие.
2. Проведены разрушающие испытания разработанного решения, результаты которых устанавливают соответствие решений авторов патента № 2182624 требованиям ГОСТ 8829-2018 по прочности конструкций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Серия 1.020-1/87. Конструкции каркаса межвидового применения для многоэтажных общественных зданий, производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий. М., 1991. 128 С.
2. Каркас здания, сооружения: пат. 2182624 // Рос. Федерация: № 2001124500/03, заявл. 05.09.2001; опубл. 20.05.2002, Бюл. № 14.
3. Шембаков В.А. Инновационные технологии в домостроении, освоенные ГК «РЕКОН-СМК» за 20 лет работы на рынке РФ и СНГ // Жилищное строительство. 2018. № 3. С. 36–39.
4. Сборно-монолитный железобетонный каркас Казань XXI век: пат. 2281362 // Рос. Федерация: № 2004139244/03, заявл. 27.12.2004; опубл. 10.08.2006, Бюл. № 22.
5. Узел сопряжения сборных стеновых панелей с монолитным перекрытием: пат. 85511 // Рос. Федерация: № 2009100824/22, заявл. 11.01.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 22.
6. Сборная диафрагма жёсткости: пат. 126721 // Рос. Федерация: № 2012111659/03, заявл. 26.03.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.
7. Железобетонный ригель сборно-монолитного перекрытия: пат. 126722 // Рос.

Федерация: № 2012111655/03, заявл. 26.03.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.

8. Железобетонная колонна Г-образного поперечного сечения: пат. 126723 // Рос. Федерация: № 2012111651/03, заявл. 26.03.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.

9. Сборно-монолитное перекрытие: пат. 178522 // Рос. Федерация: № 2 017130131, заявл. 25.08.2017; опубл. 06.04.2018, Бюл. № 10.

10. Способ выполнения стыковых узлов "колонна-ригели-колонна": пат. 2471931 // Рос. Федерация: № 2011125854/03, заявл. 22.06.2011; опубл. 10.01.2013 Бюл. №1.

11. Многоэтажное здание каркасно-стеновой конструктивной системы из сборно-монолитного железобетона: пат. 2441965 // Рос. Федерация: № 2010125496/03, заявл. 21.06.2010; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4.

12. Сборно-монолитный железобетонный каркас здания, сооружения: пат. 2519082 // Рос. Федерация: № 2012122947/03, заявл. 04.06.2012; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34.

13. Мордич А.И. Каркас домостроительной системы «АРКОС» // Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». 2013 г. № 2. С. 27–31.

14. Каркас многоэтажного здания: пат. 2118430 // Рос. Федерация: № 96111542/03, заявл. 05.06.1996; опубл. 27.08.1998.

15. Конструктивная система многоэтажного здания и способ его возведения (варианты): пат. 2197578 // Рос. Федерация: № 2000133028/03, заявл. 28.12.2000; опубл. 27.01.2003, Бюл. № 3.

16. Каркас многоэтажного здания: пат. 2233952 // Рос. Федерация: № 2002131052/03, заявл. 18.11.2002; опубл. 10.08.2004, Бюл. № 22.

17. Гуроев Е.П. Анализ и предложения по конструктивной надёжности и безопасности сборно-монолитных перекрытий в каркасе серии Б1.020.1-7 (в системе «АРКОС-1»). // Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». 2012 г. № 5. С. 6–10.

18. Безригельный бескапитальный железобетонный каркас здания: пат. 2247812 // Рос. Федерация. № 2001108701/03; заявл. 03.04.2001; опубл. 10.03.2005, Бюл. №7.

19. Семченков А.С. Испытание натурального фрагмента каркаса РАДИУСС НПУ с плитами сплошного сечения // Научно-технический и производственный журнал «Бетон и железобетон». 2009 г. № 1. С. 2–5.

20. Соколов Б.С., Никитин Г.П., Седов А.Н. Проектирование железобетонных и каменных конструкций здания с неполным каркасом и сборно-монолитными перекрытиями // Казань: КГАСУ, 2007 г. 116 с.

21. Железобетонный каркас здания со сборно-монолитным скрытым ригелем: пат. 2357049 // Рос. Федерация: № 2007145275/03, заявл. 05.12.2007; опубл. 27.05.2009, Бюл. № 15.

22. Сборный железобетонный каркас: пат. 132814 // Рос. Федерация: № 2013107055/03, заявл. 18.02.2013; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.

23. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции // М., 2004. 30 с. (Система нормативных документов в строительстве)

24. Серия 1.141.1-38 Выпуск 1. Предварительно напряжённые плиты с круглыми пустотами длиной 6280, 5980, 5380, 5080 и 4780, шириной 1790, 1490, 1190 и 990 мм, армированные стержнями из термически упрочненной стали класса Ат-V. Метод натяжения электротермической. Технические условия и рабочие чертежи. М., 1988. 52 с.

25. Серия 1.141-1 Выпуск 1. Предварительно напряжённые панели с круглыми пустотами длиной 4180, 3580 и 2980 мм, шириной 1790, 1490 и 1190 мм, армированные стержнями из термически упрочнённой стали класса Ат-v. Метод натяжений электротермической. Рабочие чертежи. М., 1984. 8 с.

26. ГОСТ 8829-2018. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости. М., 2019. 20 с.

27. СП 20.1330.2016. Нагрузки и воздействия. М., 2016, 99 с. (Система нормативных документов в строительстве)

Информация об авторах

Муртазин Ринат Шамилевич, аспирант кафедры «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений». E-mail: murtrinat@gmail.com. Казанский государственный энергетический университет. Россия, 420066, респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51.

Мухамадеев Камиль Тальгатович, аспирант кафедры «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений». Казанский государственный энергетический университет. Россия, 420066, респ. Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51.

Сабитов Линар Салихзанович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологии и организация строительного производства». Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия, 129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26.

Поступила 07.05.2024 г.

© Муртазин Р.Ш., Мухамадеев К.Т., Сабитов Л.С., 2024

^{1,*}*Murtazin R.Sh.*, ¹*Mukhamadeev K.T.*, ²*Sabitov L.S.*

¹*Kazan State Power Engineering University*

²*Moscow State University of Civil Engineering*

*E-mail: murtrinat@gmail.com

RESEARCH ON PRECAST REINFORCED CONCRETE FRAME SYSTEMS WITH FLAT CEILING

Abstract. *The paper gives a brief review of existing load-bearing frame systems with a flat bottom edge of the slab, performed using prefabricated reinforced concrete products. The basic provisions and results of field testing of floor elements of the prefabricated reinforced concrete load-bearing frame, which is not widely spread in the Russian Federation, according to patent No. 132814 «Prefabricated Reinforced Concrete Frame» are also described.*

Research on the existing load-bearing systems with flat bottom edge of the slab was carried out by studying the patent documentation available in the All-Russian Patent and Technical Library; information posted by the authors in open sources, scientific articles by the authors of the load-bearing systems. In-situ tests of the slab elements of the framework according to the patent No. 132814 «Prefabricated reinforced concrete framework» were performed by means of empirical experiment with loading of prefabricated elements according to the considered system of prefabricated-monolithic reinforced concrete construction. During the tests, the vertical displacements of the elements, the appearance and width of their crack opening were measured, and the destructive load was recorded. The safety factor according to GOST 8829-2018 for the tested slab elements was calculated based on the recorded destructive load.

The values of destructive load of the slab structures obtained in the test results confirm the reliability of the adopted solutions, which substantiates the expediency of their further development. The safety coefficients of transoms and floor slabs obtained according to GOST 8829-2018 satisfy the strength requirements for building structures.

Keywords: *prefabricated reinforced concrete, civil engineering, flat slab, prefabricated monolithic frame, load-bearing frame*

REFERENCES

1. Series 1.020-1/87. Frame structures of interspecies application for multi-storey public buildings, production and auxiliary buildings of industrial enterprises. [Seriya 1.020-1/87. Konstrukcii karkasa mezhdvidovogo primeneniya dlya mnogoetazhnykh obschestvennykh zdaniy, proizvodstvennykh i vspomogatel'nykh zdaniy promyshlennykh predpriyatij]. M., 1991. 128 p. (rus)

2. Frame of a building, construction: patent 2182624 Rus. Federation: No. 2001124500/03, applied 05.09.2001; published 20.05.2002, Bul. No. 14. (rus)

3. Shembakov V.A. Innovative technologies in house building, mastered by SC «RECON-SMK» for 20 years of work in the market of the Russian Federation and CIS [Innovacionnye tekhnologii v domostroenii, osvoennye GK «REKON-SMK» za 20 let raboty na rynke RF i SNG] Housing Construction. 2018. No. 3. Pp. 36–39. (rus)

4. Prefabricated monolithic reinforced concrete frame Kazan XXI century: patent 2281362 Rus. Federation: No. 2004139244/03, applied 27.12.2004; published 10.08.2006 Bul. No. 22. (rus)

5. Interface unit of the prefabricated wall panels with a monolithic floor: patent 85511 Rus. Federation: No. 2009100824/22, applied 11.01.2009; published 10.08.2009, Bul. No. 22. (rus)

6. Prefabricated stiffening diaphragm: patent 126721 Rus. Federation: No. 2012111659/03, applied 26.03.2012; published 10.04.2013, Bul. No. 10. (rus)

7. Reinforced concrete transom of a prefabricated monolithic slab: patent 126722 Rus. Federation: No. 2012111655/03, applied 26.03.2012; published 10.04.2013, Bul. No. 10. (rus)

8. Reinforced concrete column of L-shaped cross-section: patent 126723 Rus. Federation: No. 2012111651/03, applied 26.03.2012; published 10.04.2013, Bul. No. 10. (rus)

9. Prefabricated monolithic slab: patent 178522 Rus. Federation: No. 2017130131, applied 25.08.2017; published 06.04.2018, Bul. No. 10. (rus)

10. Method of execution of joint assemblies «column-column-rigel-column»: patent 2471931 Rus. Federation: No. 2011125854/03, applied 22.06.2011; published 10.01.2013, Bul. No. 1. (rus)

11. Multi-storey building of frame-wall structural system made of prefabricated monolithic reinforced concrete: patent 2441965 Rus. Federation: No. 2010125496/03, applied 21.06.2010; published 10.02.2012, Bul. No. 4. (rus)

12. Prefabricated monolithic reinforced concrete frame of a building, structure: patent 2519082 Rus. Federation: No. 2012122947/03, applied 04.06.2012; published 10.12.2013, Bul. No. 34. (rus)

13. Mordich A.I. Frame of the house-building system «ARKOS» [Karkas domostroitel'noy sistemy «ARKOS»] Scientific-technical and production journal "Concrete and Reinforced Concrete". 2013. No. 2. P. 27–31. (rus)

14. Frame of a multi-storey building: patent 2118430 Rus. Federation: No. 96111542/03, applied 05.06.1996; published 27.08.1998.

15. Structural system of a multistory building and a method of its erection (variants): patent 2197578 Rus. Federation: No. 2000133028/03, applied 28.12.2000; published 27.01.2003, Bul. No. 3. (rus)

16. Frame of a multistory building: patent 2233952 Rus. Federation: No. 2002131052/03, applied 18.11.2002; published 10.08.2004, Bul. No. 22. (rus)

17. Guroev E.P. Analysis and Proposals on Constructive Reliability and Safety of Prefabricated Monolithic Slabs in the Frame of Series B1.020.1-7 (in the ARCOS-1 System). [Analiz i predlozheniya po konstruktivnoy nadyozhnosti i bezopasnosti sborno-monolitnykh perekrytiy v karkase serii B1.020.1-7 (v sisteme «ARKOS-1»)] Scientific-technical and production journal «Concrete and Reinforced Concrete». 2012. No. 5. Pp. 6–10. (rus)

18. Beamless roofless reinforced concrete frame of a building: patent 2247812 Rus. Federation. No. 2001108701/03; applied 03.04.2001; published 10.03.2005, Bul. No. 7. (rus)

19. Semchenkov A.S. Testing of the full-scale fragment of the Radiuss frame of the NPU with the plates of the continuous section. [Ispytanie naturnogo fragmenta karkasa RADIUSS NPU s plitami sploshnogo secheniya] Scientific-technical and production journal «Concrete and Reinforced Concrete». 2009. No. 1. Pp. 2–5. (rus)

20. Sokolov B.S.; Nikitin G.P.; Sedov A.N. Designing of reinforced concrete and stone

structures of a building with an incomplete frame and prefabricated monolithic slabs. [Proektirovanie zhelezobetonnykh i kamennykh konstrukciy zdaniya s nepolnym karkasom i sborno-monolitnym perekrytiyami] Kazan: KGASU, 2007 - 116 p. (rus)

21. Reinforced concrete building frame with a prefabricated monolithic hidden transom: patent 2357049 Rus. Federation: No. 2007145275/03, applied 05.12.2007; published 27.05.2009, Bul. No. 15. (rus)

22. Prefabricated reinforced concrete frame: patent 132814 Rus. Federation: No. 2013107055/03, applied 18.02.2013; published 27.09.2013, Bul. No. 27. (rus)

23. SP 52-102-2004. Prestressed reinforced concrete structures. [SP 52-102-2004. Predvaritel'no napryazhennyye zhelezobetonnyye konstrukcii] M., 2004. 30 p. (rus)

24. Series 1.141.1-38 Issue 1. Prestressed slabs with round cavities of 6280, 5980, 5380, 5080 and 4780 length, 1790, 1490, 1190 and 990 mm width, reinforced with bars of heat-strengthened steel of At-V class. Electrothermal tensioning method. Specifications and working drawings. [Seriya 1.141-1 Vypusk 1. Predvaritel'no napryazhennyye paneli s kruglymi pustotami dlinoy 4180, 3580 i 2980 mm, shirinoy 1790, 1490 i 1190 mm, armirovannyye sterzhnyami iz termicheski uprochnennoy stali klassa At-V. Metod natyazheniya elektrotermicheskoy. Rabochie chertezhi.] M., 1988. 52 p. (rus)

25. Series 1.141-1 Issue 1. Prestressed panels with circular voids with length 4180, 3580 and 2980 mm, width 1790, 1490 and 1190 mm, reinforced with bars of heat-hardened steel of At-v class. The method of tensioning is electro-thermal. Working drawings. [Seriya 1.141-1 Vypusk 1. Predvaritel'no napryazhennyye paneli s kruglymi pustotami dlinoy 4180, 3580 i 2980 mm, shirinoy 1790, 1490 i 1190 mm, armirovannyye sterzhnyami iz termicheski uprochnennoy stali klassa At-V. Metod natyazheniya elektrotermicheskoy. Rabochie chertezhi.] M., 1984. 8 p. (rus)

26. GOST 8829-2018. Factory-made reinforced concrete and concrete building products. Methods of loading tests. Rules for assessing strength, stiffness and crack resistance. [GOST 8829-2018. Izdeliya stroitel'nye zhelezobetonnyye i betonnyye zavodskogo izgotovleniya. Metody ispytaniy nagruzheniem. Pravila ocenki prochnosti, zhyostkosti i treschinostoykosti]. M., 2019. 20 p. (rus)

27. SP 20.1330.2016. Loads and impacts. [SP 20.1330.2016. Nagruzki i vozdeystviya]. M. 2016, 99 p. (rus)

Information about the authors

Murtazin, Rinat Sh. Postgraduate student. E-mail: murtrinat@gmail.com. Kazan State Power Engineering University postgraduate. Russian Federation, 420066, Kazan, Krasnoselskaya st., 51.

Mukhamadeev, Kamil T. Postgraduate student. Kazan State Power Engineering University postgraduate. Russian Federation, 420066, Kazan, Krasnoselskaya st., 51.

Sabitov, Linar S. DSc, Professor. Russian Federation, 129337, Moscow, Yaroslavskoe rd, 26.

Received 07.05.2024

Для цитирования:

Муртазин Р.Ш., Мухамадеев К.Т., Сабитов Л.С. Исследования сборных железобетонных несущих систем с плоским перекрытием // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. № 1. С. 128–137. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-128-137

For citation:

Murtazin R.Sh., Mukhamadeev K.T., Sabitov L.S. research on precast reinforced concrete frame systems with flat ceiling. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 1. Pp. 128–148. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-10-1-128-137