

Макаркин С. В.¹, Шубин А. А.², Фомин Н. И.³, Копша С. П.⁴

^{1,3} Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

² ООО «ВИАКОН.ПРО», г. Екатеринбург, Россия

⁴ АО «Строительные Технологии и Машины», г. Хвалынский, Россия

e-mail: ¹ i@smakarkin.ru, ² iskander26@mail.ru, ³ ni.fomin@urfu.ru, ⁴ stm-kop@mail.ru

СБОРНО-МОНОЛИТНАЯ КАРКАСНАЯ СИСТЕМА МЕЖВИДОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ «МКС»

Аннотация. Сборно-монолитные каркасные системы имеют наилучшие показатели по расходу бетона и арматуры на квадратный метр общей площади здания по сравнению с массово возводимыми сегодня монолитными каркасами. Экономическая эффективность достигается за счет использования в сборно-монолитном каркасе предварительно напряженных железобетонных элементов заводского изготовления. В настоящее время новые технологии производства конструкций способом безопалубочного формования на длинных стендах массово замещают традиционный способ изготовления преднапряженных изделий агрегатно-поточным способом. При разработке конструктивных решений сборно-монолитной каркасной системы «МКС» использовались возможности технологии непрерывного безопалубочного формования железобетонных изделий, в которых предусмотрено устройство вырезов, отверстий, углублений для шпонок, петлевых выпусков, выпусков предварительно напряженной арматуры на торцах элементов, добавление сеток косвенного армирования в зоне расположения нижней предварительно напряженной арматуры. Все конструктивные узлы и отдельные элементы в системе «МКС» можно запроектировать на основе существующих нормативных документов. Однако отдельные нормативные документы, по которым осуществляется проектирование сборно-монолитных конструкций, носят либо рекомендательный характер, либо устарели. Некоторые современные методики расчета узлов сборно-монолитного каркаса «МКС» не отражены в нормативных документах, что сдерживает массовое применение, как системы «МКС», так и сборно-монолитного домостроения в целом

Ключевые слова: сборно-монолитный каркас, межвидовая конструктивная система, железобетон, безопалубочное формование.

Makarkin S. V.¹, Shubin A. A.², Fomin N. I.³, Kopsha S. P.⁴

^{1,3} Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

² LLC «VIAKON.PRO», Yekaterinburg, Russia

⁴ JSC «Construction Technologies And Machines», Khvalynsk, Russia

e-mail: ¹ i@smakarkin.ru, ² iskander26@mail.ru, ³ ni.fomin@urfu.ru, ⁴ stm-kop@mail.ru

PRECAST-MONOLITHIC FRAME SYSTEM OF INTERSPECIFIC APPLICATION «MKS»

Abstract. Prefabricated monolithic frame systems have the best indicators for the consumption of concrete and reinforcement per square meter of the total area of the building compared to the monolithic frames being massively erected today. Economic efficiency is achieved through the use of factory-made prestressed reinforced concrete elements in a prefabricated monolithic frame. Currently, new technologies for the production of structures

by the method of formless molding on long stands are rapidly replacing the traditional method of manufacturing prestressed products by the aggregate-flow method. When developing structural solutions of the prefabricated monolithic frame system «MKS», the possibilities of the technology of continuous formless molding of reinforced concrete products were used, in which the device of cutouts, holes, recesses for dowels, loop releases, releases of prestressed reinforcement at the ends of the elements, the addition of indirect reinforcement grids in the area of the lower prestressed reinforcement is provided. All structural components and individual elements in the «MKS» system can be designed on the basis of existing regulatory documents. However, some regulatory documents, according to which the design of prefabricated monolithic structures is carried out, are either advisory in nature or outdated. Some modern methods of calculating the nodes of the prefabricated monolithic frame «MKS» are not reflected in regulatory documents, which constrains the mass application of both the «MKS» system and the prefabricated monolithic housing construction as a whole.

Keywords: precast-monolithic frame, interspecific frame system, reinforced concrete, formless molding.

1. Введение

Конструктивно и технологически разработаны и успешно применяются в отечественном строительстве ряд сборно-монолитных каркасных систем, среди которых: «Рекон» («Чебоксарская серия») [1], «Универсальная открытая архитектурно-строительная система многоэтажных зданий – АРКОС» («Белорусская серия») [2, 3], «Универсальная система сборно-монолитного безригельного каркаса – КУБ-2.5» (более поздние ее разновидности такие, как КУБ-3V, КБК), «Универсальная домо-строительная система – УДС», сборно-монолитный каркас с несъемной железобетонной опалубкой стен и перекрытий с пространственным арматурным каркасом «Филигран» [4] и др., которые отличаются конструктивными схемами, конструкциями узлов, способами изготовления сборных конструкций.

Анализ данных систем, представленный в работах [2, 5, 6, 7] показал необходимость в разработке новых сборно-монолитных систем, позволяющих обеспечить скоростной монтаж остова здания с высокими эксплуатационными характеристиками.

2. Особенности "МКС"

Рассмотрим схему ограждения котлована консольного типа.

Сборно-монолитная каркасная система межвидового применения «МКС», которая является конструктивным развитием системы «УДС», разработана на основе принципиальных конструктивных решений системы «Рекон». Следует отметить, что система «Рекон», в свое время, была разработана специалистами в Чебоксарах на основе конструктивно-технологических решений французской сборно-монолитной системы «Saret» [1, 7].

Система «МКС» предназначена для использования в жилых, общественных и производственных зданиях. Каркас системы «МКС» (рис. 1) состоит из следующих элементов: сборных железобетонных колонн, наращиваемых по высоте с использованием штепсельного стыка, сборно-монолитных железобетонных ригелей, сборных железобетонных предварительно напряженных многопустотных плит перекрытия, сборно-монолитных железобетонных диафрагм жесткости.

Особый интерес в каркасе представляет конструктивное решение сборно-монолитного ригеля. Сборная часть ригеля представляет собой предварительно напряженную деталь лоткообразной формы. Монолитная часть ригеля предусмотрена в виде железобетонной балки прямоугольного сечения, нижняя часть которой размещена в лотке сборной детали.

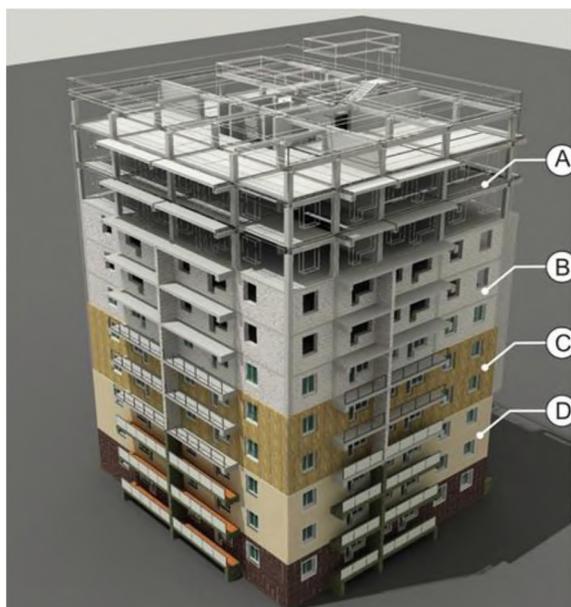


Рис. 1. Трехмерная модели жилого дома в сборно-монокристаллической системе «МКС»: А – сборно-монокристаллический каркас; В – кладка наружных стен; С – утепление наружных стен; D – защитно-декоративная отделка (автор модели Шубин А. А.)

После набора монокристаллическим бетоном необходимой прочности сборная и монокристаллические части ригеля работают совместно (рис. 2). В местах примыкания ригелей к колонне тело колонны лишено бетона (выполнена просечка в заводских условиях) для возможности пропуска через нее дополнительной арматуры монокристаллической части ригеля и последующего омоноличивания, в результате чего образуется жесткий узел сопряжения ригеля с колонной (рис. 3). Ригели в системе сборно-монокристаллического каркаса размещаются между колоннами в двух взаимно перпендикулярных направлениях при ортогональной в плане схеме каркаса, образуя замкнутые ячейки. Монокристаллические участки ригелей образуют вместе со сборной частью ригелей перекрестную замкнутую балочную неразрезную систему, в ячейках которой располагаются сборные плиты перекрытия. Наличие монокристаллического железобетона в сборно-монокристаллическом каркасе повышает его сопротивляемость сейсмическим нагрузкам и обеспечивает возможность применения системы «МКС» в районах с повышенной сейсмичностью [8].

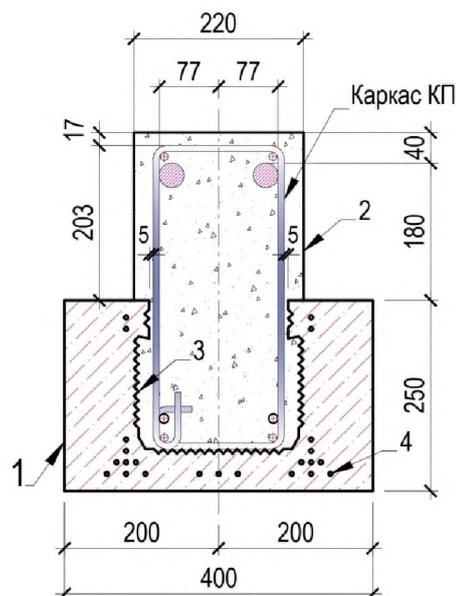


Рис. 2. Сечение сборно-монокристаллического ригеля (размеры даны справочно): 1 – сборная часть ригеля (деталь лоткообразной формы); 2 – монокристаллическая часть ригеля; 3 – внутренняя поверхность детали (впадины и выступы) для обеспечения совместной работы; 4 – предварительно напряженная арматура ригеля (автор чертежа Макаркин С. В.)

В основу любой сборно-монокристаллической системы заложена возможность максимального использования сборных элементов, изготавливаемых с высоким качеством в заводских условиях, для снижения объема построечного ручного труда, а именно работ по армированию и бетонированию ответственных конструкций несущего остова. При этом в сборно-монокристаллических каркасах применяют монокристаллическое сопряжение колонны и ригеля, позволяющее не выполнять консоли колонн, как это делается в полносборных каркасах (серия 1.020-1/87).

Как известно, использование в сборно-монокристаллическом каркасе предварительно напряженных сборных элементов позволяет существенно сократить удельный расход бетона и арматуры на 1 м² общей площади здания [2, 9]. В системе «МКС» такими элементами являются предварительно напряженные многопустотные плиты перекрытия и предварительно

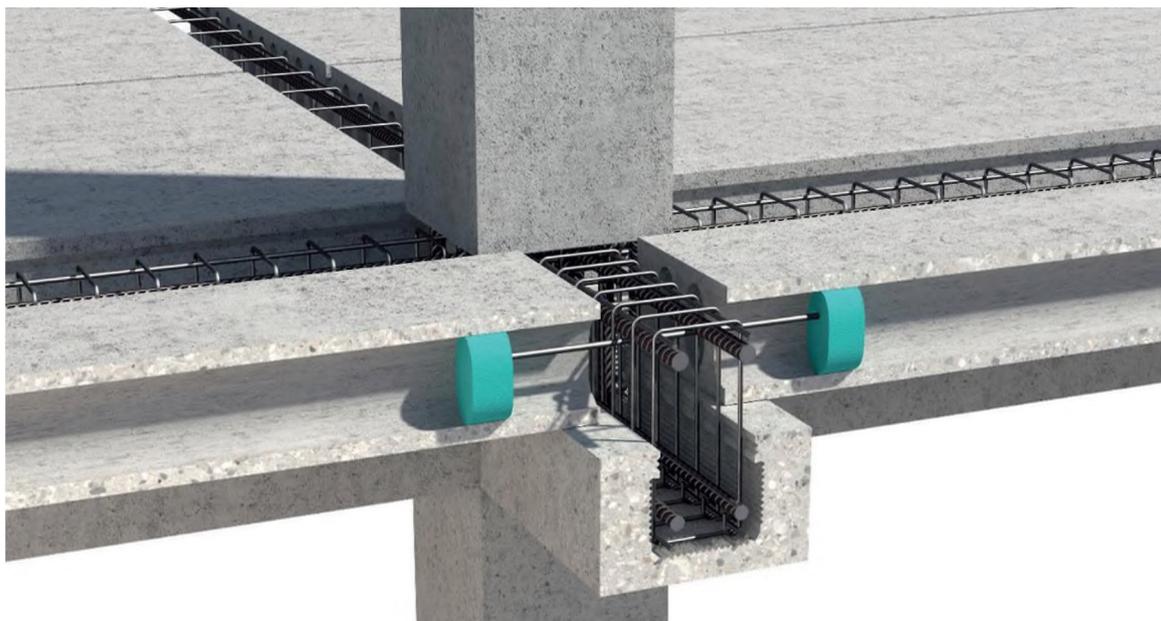


Рис. 3. Трехмерная модель сопряжения сборной части ригеля и колонны, на сборную часть ригеля установлены предварительно напряженные пустотные плиты перекрытия (автор модели Шубин А.А.)

Как известно, использование в сборно-монолитном каркасе предварительно напряженных сборных элементов позволяет существенно сократить удельный расход бетона и арматуры на 1 кв. м. общей площади здания [2, 9]. В системе «МКС» такими элементами являются предварительно напряженные многопустотные плиты перекрытия и предварительно напряженные детали ригелей.

Опыт проектирования гражданских зданий в условиях г. Екатеринбурга показывает, что при рациональном проектировании расход арматуры и бетона на 1 кв. м. общей конструктивной площади монолитного здания с учетом фундамента, стен шахт лифтов и лестничных клеток, плиты покрытия соответственно равны 40...43 кг и 0,4...0,43 м³. Для сборно-монолитного каркасного здания с использованием системы «МКС» те же показатели расхода арматуры и бетона составят соответственно 23...26 кг/м² и 0,3...0,33 м³/м².

В текущих ценах сборного и монолитного железобетона себестоимость сборно-монолитного каркасного здания может быть меньше себестоимости монолитного здания на 25 % и более.

В настоящее время новые технологии производства плит способом безопалубочного формования на длинных стендах стремительно замещают традиционный способ изготовления преднапряженных изделий агрегатно-поточным способом. Существенно менее энергоемкие (снижение на 50...70 %) технологии производства пустотных плит методом безопалубочного формования создают предпосылки для широкого внедрения сборно-монолитных каркасных систем при строительстве зданий и сооружений, имеющих в своем составе предварительно напряженные несущие элементы.

Развитие безопалубочного производства конструкций, включение этого производства в состав единой цепочки создания конечного продукта – здания на основе кластерного подхода [10] позволит не только существенно снизить монопольное давление и зависимость застройщика от конкретного завода-изготовителя железобетонных конструкций, но также уменьшить стоимость сборных конструкций заводского изготовления.

Разработка безопалубочного формования, как технологии сборного домостроения, в современном ее представлении, началась в Белоруссии в «Институте Строительства и Архитектуры» еще в середине прошлого века. Профессор И. Н. Ахвердов разработал новую технологию предварительно напряженных плит многопустотного настила на длинном стенде конструкции Шеффер (Германия), которая получила название «технология комбайн-настил». В 1959 году Ахвердов И. Н. запатентовал двухслойную формовочную машину [11] под названием «Самоходный бетонирующий комбайн» (Авторское свидетельство № 63277/29 от 01.07.1959 г.). Несмотря на то, что данное изобретение было официально зарегистрировано, разработанная машина не нашла практического применения. Только в начале 70-х годов усовершенствованная технология безопалубочного формования фирмы «Макс-Рот» была закуплена в Германии (ФРГ) и установлена на одном из заводов в г. Минске.

С 1980 по 2018 годы 15 иностранных фирм-изготовителей из 10 стран поставили в Россию более 300 различных технологических линий безопалубочного формования железобетонных изделий. Российские фирмы-изготовители оборудования безопалубочного формования: АО «Строительные Технологии и Машины» – СТМ» (Саратовская область, г. Хвалынский), ООО «Научно-производственная компания «Гевит» (г. Тула).

Начиная с 2010 г. «СТМ» предоставляет полнокомплектные технологические линии безопалубочного формования, разработанные российским коллективом инженеров и проектировщиков. Технология «СТМ» отличается от испанских технологических линий (одного из мировых лидеров в данной области) конструкцией формовочной и других машин, позволяющими использовать бетонные смеси меньшей подвижности, а

также расширенной номенклатурой выпускаемых изделий.

При разработке конструктивно-технологических решений сборно-монолитной системы «МКС» использовались возможности технологии непрерывного безопалубочного формования железобетонных изделий на длинных стендах АО «СТМ»: устройство в формируемых изделиях вырезов, отверстий, углублений для шпонок, петлевых выпусков, выпусков предварительно напряженной арматуры на торцах элементов, добавление сеток косвенного армирования в зоне расположения нижней предварительно напряженной арматуры.

Помимо основных сборных элементов (рядовые плиты, связевые плиты рядовые, связевые плиты торцевые, детали сборно-монолитных ригелей, детали сборно-монолитных диафрагм жесткости) в системе «МКС» были конструктивно разработаны и успешно апробированы: межплитные вкладыши, применяемые для исключения монолитных участков в перекрытиях, вентиляционные каналы, специальные блоки для пропуска коммуникаций, цокольные панели, перемычки, железобетонные сваи, межквартирные перегородки, а также элементы благоустройства.

Таким образом, обширные возможности технологии безопалубочного формования железобетонных изделий определяют возможность проектирования сборно-монолитного каркаса с высокими, заранее определенными эксплуатационными качествами, ориентированными на самые высокие требования.

Как для монолитного, так и для сборно-монолитного каркаса принципиальным вопросом, обуславливающим его надежность, является пространственная геометрическая неизменяемость, а также наличие жесткого диска перекрытия, позволяющего включать в работу все элементы каркаса при действии внешних нагрузок и воспринима-

ющего в своей плоскости мембранные напряжения. Если в монолитном каркасе восприятие мембранных напряжений выполняется «автоматически» за счет сплошного армирования по всей плоскости перекрытия, то в сборном или сборно-монолитном варианте каркаса для работы перекрытия как единого целого требуется выполнять ряд конструктивных мероприятий.

К таким конструктивным мероприятиям относятся:

- установка связевых плит по осям колонн в направлении перпендикулярном направлению поперечных рам в сборном варианте, как предусмотрено в серии 1.020-1/87, с последующей сваркой через закладные элементы;
- установка связевой арматуры в швах между плитами, связевых сборно-монолитных ригелей или монолитных вставок-распорок в сборно-монолитном варианте (УДС), связевых сборно-монолитных плит (МКС).

Конфигурация боковых граней сборных плит, а также наличие на боковой поверхности плит углублений обеспечивают, после замоналичивания стыков между плитами, формирование шпоночного соединения, исключаящего возможность взаимного сдвига плит как в своей плоскости, так и из плоскости.

Возможность выполнения на линиях безопалубочного формования предварительно напряженной детали ригеля лотковой формы (см. рис. 2) позволило включить в состав армирования сборно-монолитного ригеля каркасной системы «МКС» поперечную арматуру в виде замкнутых хомутов в варианте вязанного каркаса монолитного сердечника. Это является существенным отличием от конструктивного решения «прототипа» – системы «Рекон», в котором поперечное армирование предусмотрено в виде разомкнутых П-образных выпус-

ков из сборной части прямоугольной формы.

Использование сборной детали лотковой формы, имеющей характерную внутреннюю поверхность (впадины и выступы), существенно повысило сцепление сборной и монолитной части ригеля. Это позволило в конструктивных расчетах рассматривать сборно-монолитный ригель как единую цельную конструкцию, для которой справедлива гипотеза плоских сечений Я. Бернулли, являющейся методической основой расчета железобетонных конструкций по первой и второй группе предельных состояний.

Необходимо отметить, что в целом все конструктивные узлы и отдельные элементы в системе «МКС» можно рассчитать и запроектировать на основе существующих нормативных документов. Вместе с этим, отдельные документы, по которым осуществляется проектирование сборно-монолитных конструкций, либо носят рекомендательный характер, либо уже устарели, что сдерживает развитие сборно-монолитных каркасных систем, в частности и развитие системы «МКС», в связи с недостаточной нормативной обеспеченностью процесса проектирования конструкций каркаса.

Так, стыки секций колонн, устраиваемые на участках с минимальными изгибающими моментами («безмоментные» зоны), проектируются в соответствии с Рекомендациями [12], разработанными в НИИЖБ еще в 1985 г.

При проектировании колонн и сборно-монолитных ригелей используются как положения СП 63.13330.2018 [13], так и СП 337.1325800.2017 [14]. Податливость или необходимость учета податливости элементов стыков рассматриваются с учетом Рекомендаций [15], разработанных ОАО ЦНИИ-Промзданий в 2002 г. (на основе исследований Н.Н. Трекина и других ответственных ученых).

Следует отметить, что на детали заводского изготовления (сборно-монолитные ригели) НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были разработаны ТУ 5825-276-3655401-09, утвержденные НИЦ «Строительство» в 2009 г.

Для преодоления сложностей нормативного обеспечения федеральные законы позволяют помимо требований сводов правил, обязательных к применению (перечень регулируется Постановлениями Правительства РФ), также применять «апробированные методики», к которым можно отнести нормативные документы (рекомендации), указанные выше (см. п. 6, ст. 15, гл. 3 федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»).

Несмотря на это, при проектировании узлов сопряжения колонн конструкторам приходится пользоваться не только апробированной методикой, изложенной в Рекомендациях [12], но также методикой расчета прочности и податливости штепсельных стыков колонн, разработанной профессором Со-

коловым Б. С. [16] и подтвержденной многочисленными экспериментами [8], положения которой, к сожалению, пока не нашли отражения ни в одном нормативном документе.

Из-за указанного недостаточного нормативного обеспечения рассматриваемая каркасная система (конструктивное развитие системы «УДС») имеет относительно низкую величину инновационного потенциала [5, 7] среди таких сборно-монолитных систем, как «АРКОС» «КУБ-2,5» и других.

Несмотря на известные ограничения, практическое применение сборно-монолитной системы «МКС» приобрело достаточно масштабный характер. Так, за последние годы в данной системе было запроектировано и построено несколько жилых комплексов, включая такой крупный комплекс как «Бажовский», г. Екатеринбург (рис. 4).

Общая площадь построенного жилья в системе «МКС» составила более 150 тыс. м².



Рис. 4. Жилой комплекс «Бажовский» в г. Екатеринбурге (фото Кузьмина Е.А.)

3. Заключение

В рассмотренной сборно-монолитной каркасной системе межвидового применения «МКС» использу-

ются преимущества технологии безопасного формования, позволяющие устранить существующие конструктив-

но-технологические недостатки применяемых сборно-монолитных систем.

Возможность расширения номенклатуры сборных изделий, изготовленных по технологии безопалубочного формования, в системе «МКС» позволяет снизить расход материалов при возведении каркаса здания и его стоимость.

Для возможности масштабного внедрения разработанных сборно-монолитных систем необходимо совершенствование существующей нормативной базы на основе новых методик расчета сборно-монолитных конструкций.

Список используемых источников

1. Шембаков В. А. Сборно-монолитное каркасное домостроение. Руководство к принятию решений / В. А. Шембаков. – Чебоксары, 2005. – 120 с.

2. Мордич А. И. Эффективные конструктивные системы многоэтажных жилых домов и общественных зданий (12...25) этажей для условий строительства в Москве и городах Московской области, наиболее полно удовлетворяющие современным маркетинговым требованиям. Отчет о научно-исследовательской работе / А. И. Мордич, В. Н. Белевич и др. – Минск: Институт БелНИИС, 2002. – 117 с.

3. Рекомендации по проектированию зданий на основе унифицированного сборно-монолитного каркаса с плоскими перекрытиями из многопустотных плит и монолитных железобетонных ригелей, расположенных в их плоскостях. – Минск: БелНИИС, 1997. – 40 с.

4. Фомин Н. И. Исследование технологии устройства сборно-монолитных стен в несъемной железобетонной опалубке / Н. И. Фомин // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 5. С. 131-136.

5. Зотеева Е. Э. Анализ изобретательской составляющей инновационного потенциала сборно-монолитных систем гражданских зданий / Е. Э. Зотеева, Н. И. Фомин // Территория инноваций. – 2018. – № 5(21). – С. 40-47.

6. Зотеева Е. Э. Системы сборно-монолитных зданий: отечественный опыт строительства / Е. Э. Зотеева // Аллея науки. – 2017. – Т. 2 № 12. – С. 291-294.

7. Фомин Н. И. Инновационный потенциал сборно-монолитных систем гражданских зданий / Н. И. Фомин, А. П. Исаев, Е. Э. Зотеева // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2016. – № 4. – С. 66-71.

8. Соколов Б. С. Прочность и податливость стыков железобетонных колонн при действии статических и сейсмических нагрузок / Б. С. Соколов, Р. Р. Латыпов. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 128 с.

9. Колчеданцев Л. М. Жилье экономического класса – сборное, монолитное или сборно-монолитное? / Л. М. Колчеданцев, Н. П. Рошупкин // Жилищное строительство. – 2011. – № 6. – С. 24-25.

10. Шалумов С. Г. Территориально-производственные кластеры; принципы формирования и траектория развития / С. Г. Шалумов // Вопросы регулирования экономики. – 2017. – Т. 8. № 4. – С. 60-66.

11. Зарождение и развитие безопалубочного формования в России (новость членов АЖБ). [Электронный ресурс]. URL: http://azhb.ru/allnews/zarozhdenie_i_razvitie_bezopalubochnogo_formovaniya_v_rossii/ (дата обращения: 12.10.2022)

12. Рекомендации по проектированию и выполнению контактных стыков с обрывом арматуры в железобетонных колоннах многоэтажных зданий. – М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1985. – 49 с.

13. СП 63.13330.2018 Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – М.: АО «НИЦ «Строительство» – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2018. – 182 с.

14. СП 337.1325800.2017 Свод правил. Конструкции железобетонные сборно-монолитные. Правила проектирования. – М.: АО «НИЦ «Строительство» – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, 2017. – 53 с.

15. Рекомендации по расчету каркасов многоэтажных зданий с учетом податливости узловых сопряжений сборных железобетонных конструкций. – М.: ОАО ЦНИИПромзданий, 2002. – 72 с.

16. Соколов Б. С. Новый подход к расчету прочности бетонных элементов при местном действии нагрузки / Б. С. Соколов // Бетон и железобетон. – 1992. – № 10. – С. 22-24.

References

1. Shembakov, V. A. (2005). *Sborno-monolitnoye karkasnoye domostroyeniye. Rukovodstvo k prinyatiyu resheniy* [Prefabricated-monolithic frame housing construction. Decision Guide]. Cheboksary. (In Russian)

2. Mordich, A. I., & Belevich, V. N., and all. (2002). *Effektivnyye konstruktivnyye sistemy mnogoetazhnykh zhilykh domov i obshchestvennykh zdaniy 12..25 etazhey dlya usloviy stroitel'stva v Moskve i gorodakh Moskovskoy oblasti, naiboleye polno udovletvoryayushchiye sovremennym* [Efficient structural systems of multi-storey

residential buildings and public buildings with 12..25 floors for construction conditions in Moscow and the cities of the Moscow region, which most fully meet modern marketing requirements]. Minsk.

3. Rekomendatsii po proyektirovaniyu zdaniy na osnove unifikirovannogo sborno-monolitnogo karkasa s ploskimi perekrytiyami iz mnogopustotnykh plit i monolitnykh zhelezobetonnykh rigeley, raspolozhennykh v ikh ploskostyakh [Recommendations for the design of buildings based on a unified prefabricated-monolithic frame with flat ceilings from multi-hollow slabs and monolithic reinforced concrete crossbars located in their planes]. (1997). Minsk.

4. Fomin, N. I. (2013). Issledovaniye tekhnologii ustroystva sborno-monolitnykh sten v nes"yemnoy zhelezobetonnoy opalubke [Investigation of the technology for the device of prefabricated-monolithic walls in fixed reinforced concrete formwork]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers], (5), 131-136.

5. Zoteeva, E. E. & Fomin, N. I. (2018). Analiz izobretatel'skoy sostavlyayushchey innovatsionnogo potentsiala sborno-monolitnykh sistem grazhdanskikh zdaniy [Analysis of the inventive component of the innovative potential of precast-monolithic systems of civil buildings]. *Territoriya innovatsiy* [Innovation Territory], 5(21), 40-47.

6. Zoteeva, E. E. (2017). Sistemy sborno-monolitnykh zdaniy: otechestvennyy opyt stroitel'stva [Systems of prefabricated monolithic buildings: domestic experience in construction]. *Alleya nauki* [Alley of Science], 2 (12), 291-294.

7. Fomin, N. I., Isaev, A. P. & Zoteeva, E. E. (2016). Innovatsionnyy potentsial sborno-monolitnykh sistem grazhdanskikh zdaniy [Innovative potential of prefabricated monolithic systems of civil buildings]. *Akademicheskii vestnik UralNIiprojekt RAASN* [Academic Bulletin UralNIiprojekt RAASN], (4), 66-71.

8. Sokolov, B. S. & Latypov, R. R. (2010). *Prochnost' i podatlivost' stykov zhelezobetonnykh kolonn pri deystvii staticheskikh i seysmicheskikh nagruzok* [Strength and compliance of joints of

reinforced concrete columns under the action of static and seismic loads]. Moscow.

9. Kolchedantsev, L. M. & Roshchupkin, N. P. (2011) Zhil'ye ekonomicheskogo klassa – sbornoye, monolitnoye ili sborno-monolitnoye? [Economy class housing - prefabricated, monolithic or prefabricated-monolithic?]. *Zhilishchnoye stroitel'stvo* [Housing construction], (6), 24-25.

10. Shalunov, S. G. (2017). Territorial'no-proizvodstvennyye klasteri, printsipy formirovaniya i trayektoriya razvitiya [Territorial production clusters, principles of formation and development trajectory]. *Voprosy regulirovaniya ekonomiki* [Issues of economic regulation], 8(4), 60-66.

11. The origin and development of formworkless molding in Russia (news from AZhB members). (2021). Available at

[http://azhb.ru/allnews/zarozhdenie_i_razvitie_bezo_palubochnogo_](http://azhb.ru/allnews/zarozhdenie_i_razvitie_bezo_palubochnogo_formovaniya_v_rossii/)

[formovaniya_v_rossii/](http://azhb.ru/allnews/zarozhdenie_i_razvitie_bezo_palubochnogo_formovaniya_v_rossii/) (date of access 12.10.2022)

12. Rekomendatsii po proyektirovaniyu i vypolneniyu kontaktnykh stykov s obryvom armatury v zhelezobetonnykh kolonnakh mnogoetazhnykh zdaniy [Rekomendatsii po proyektirovaniyu i vypolneniyu kontaktnykh stykov s obryvom armatury v zhelezobetonnykh kolonnakh mnogoetazhnykh zdaniy]. (1985). Moscow.

13. SP 63.13330.2018 Set of Rules. Concrete and reinforced concrete structures. (2018). Moscow.

14. SP 337.1325800.2017 Set of Rules. Reinforced concrete precast-monolithic structures. (2017). Moscow.

15. Rekomendatsii po raschetu karkasov mnogoetazhnykh zdaniy s uchetom podatlivosti uzlovykh sopryazheniy sbornykh zhelezobetonnykh konstruktsiy [Recommendations for the calculation of frames of multi-storey buildings, taking into account the compliance of nodal mates of precast concrete structures] (2002). Moscow.

16. Sokolov, B. S. (1992). Novyy podkhod k raschetu prochnosti betonnykh elementov pri mestnom deystvii nagruzki [A new approach to the calculation of the strength of concrete elements under local load]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and reinforced concrete], (10), 22-24.