

For calculation and optimization of structures, reinforced flexible bongs are invited to use the General equations of structural mechanics that allows to obtain expressions for the state variables in symbolic form. With their help, for the active state variables solves the problem of finding the optimal project investigated system.

УДК 693.98

**Пенязь М.А., Поздняков Д.А.**

## **ПРИМЕНЕНИЕ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОНОЛИТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ**

История строительства из железобетона теснейшим образом связана со свойствами используемого материала. Развитие технологии производства железобетона представляет, с одной стороны, реализацию основного его преимущества - воспроизведения практически любых объемно-планировочных решений и, с другой, борьбу с главным недостатком – высокой трудоемкостью изготовления изделий. Поскольку указанное противоречие относится к свойствам материала, т.е. имеет фундаментальный характер, до настоящего времени не удалось создать единую технологическую систему, которая соответствовала бы достаточно широкому спектру объемно-планировочных решений, обеспечивая в то же время снижение трудоемкости без существенного роста затрат.

По этой причине уже достаточно давно начали формироваться две технологические системы - монолитного (ориентация на разнообразие решений) и сборного (ориентация на снижение трудоемкости) строительства. Каждая из них характеризуется специфическими техническими решениями и организационными формами, а также определенным местом в строительной отрасли.

В бывшем СССР и других социалистических странах с плановой экономикой, жилищным строительством по социальным нормам, административно-командным управлением для сборного строительства сложились наиболее благоприятные условия. Это привело к формированию высокоорганизованных и хорошо исследованных технологических систем.

С течением времени концепция сборного строительства стала рассматриваться как основная для строительства в целом, а ее особенности послужили отправным пунктом теоретических обобщений, технологических разработок, методов проектирования, организации производственных структур. Классические работы М.С. Будникова [1], А.А. Гусакова [2, 3], А.А. Жукова [4], Э.К. Завадскаса [5, 6], В.И. Рыбальского [7], В.И. Торкатюка [8], Е.В. Федосовой [9], Р.И. Фокова [10, 11], В.К. Черненко [12, 13], С.А. Ушацкого [14, 15], А.К. Шрейбера [16] и др. развивались именно в этом русле. Индустриализация сборного строительства позволила в кратчайшие сроки организовать в 60-е годы массовое жилищное строительство - достижение, признанное во всем мире.

Отечественная домостроительная индустрия последовательно осваивала технологии блочного, крупноблочного, панельного, крупнопанельного, объемно-блочного строительства жилых домов в различных комбинациях и вариациях. Эти технологии прекрасно себя зарекомендовали и постоянно совершенствовались с использованием новых прогрессивных материалов и до настоящего времени являются доминирующими в индустриальном домостроении [17]. Однако при всей своей экономической рациональности эти технологии существенно ограничивают творческие возможности архитекторов и проектировщиков по внешнему виду и планировке зданий.

В условиях, когда государственная политика, основанная на бюджетном финансировании, распорядительных функциях и соблюдении жестких правил, была фактически направлена на обеспечение протекания процесса строительства как такового, образовались крупные территориальные монополии. Обеспечивая массовость «типового» строительства, они характеризовались большой инерци-

ей в технологическом отношении и пассивностью в организационной и финансовой деятельности. При такой организации отрасли способность монолитных технологий удовлетворять разнообразным объемно-планировочным решениям оказалась невостребованной. Их ниша вполне характеризовалась условием невозможности применения сборного железобетона. Так, основной объем монолитного строительства определялся преимущественно потребностями возведения конструкций подземных частей зданий и сооружений и фундаментов под технологическое оборудование [19, 20, 21].

С введением в управление хозяйственного расчета, а в экономикой – первых элементов рынка, к существующим проблемам традиционных технологий строительства добавились высокая энергоемкость технологий в производстве, их инерционность на запросы рынка, высокие эксплуатационные затраты на содержание домов, новые требования к архитектурно-планировочным решениям. Отметим, что на 25–30 лет ранее с похожими проблемами столкнулась Франция, там выход нашли в переориентации индустрии домостроения с панельной технологии на каркасную, которая к началу 90-х годов XX века в конкурентной борьбе индустриальных строительных технологий постепенно начала завоевывать лидирующие позиции. В этой технологии прельщала компактность технологического оборудования по выпуску элементов каркаса, простота их наладки и переналадки под различные модификации элементов каркаса, что давало возможность значительно разнообразить архитектурно-проектные решения зданий.

Применение каркаса позволяет реализовать принцип гибкой планировки квартир и других помещений в жилых домах различной этажности, различной комфортности и различного архитектурного решения фасадов. Строительство жилых зданий на основе различных конструктивных систем показало неоспоримые преимущества каркаса, позволяющего обеспечить гибкость объемно-планировочных решений квартир, блок-секций и жилых домов в целом.

В республике Беларусь, за последнее 20 лет построено множество жилых домов различной этажности, комфортности и архитектуры. Практика проектирования и строительства этих домов базировалась как на сборном каркасе (на базе серии 1.020 с модификациями), так и на каркасе из монолитного железобетона, что позволило выявить преимущества и недостатки при массовом жилищном строительстве каждой из конструктивных систем.

В Республике Беларусь основу каркасного домостроения составляют конструкции из монолитного железобетона, вместе с тем опыт проектирования и возведения каркасных зданий из сборного железобетона имеет свои преимущества перед монолитным каркасом. Практика проектирования жилых зданий с применением сборного каркаса опиралась на опыт серии 1.020 с модификациями. Каркас серии 1.020 был разработан не для строительства жилых зданий. Он трудоёмок при монтаже, что связано с использованием большой номенклатуры изделий, количества несущих столиков и сварных соединений узлов, а при устройстве балконов необходимо монтировать дополнительные колонны и другие элементы. Со временем данный каркас был модернизирован и адаптирован под жилые здания.

**Пенязь Михаил Арсеньевич**, директор УКП «БобруйскПРОЕКТ».

Беларусь, 213828, Могилевская обл., г. Бобруйск, ул. М. Горького, 38/а.

**Поздняков Дмитрий Александрович**, заведующий отделом ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.».

Беларусь, 220114, г. Минск, ул. Ф. Скорины, 15-405.

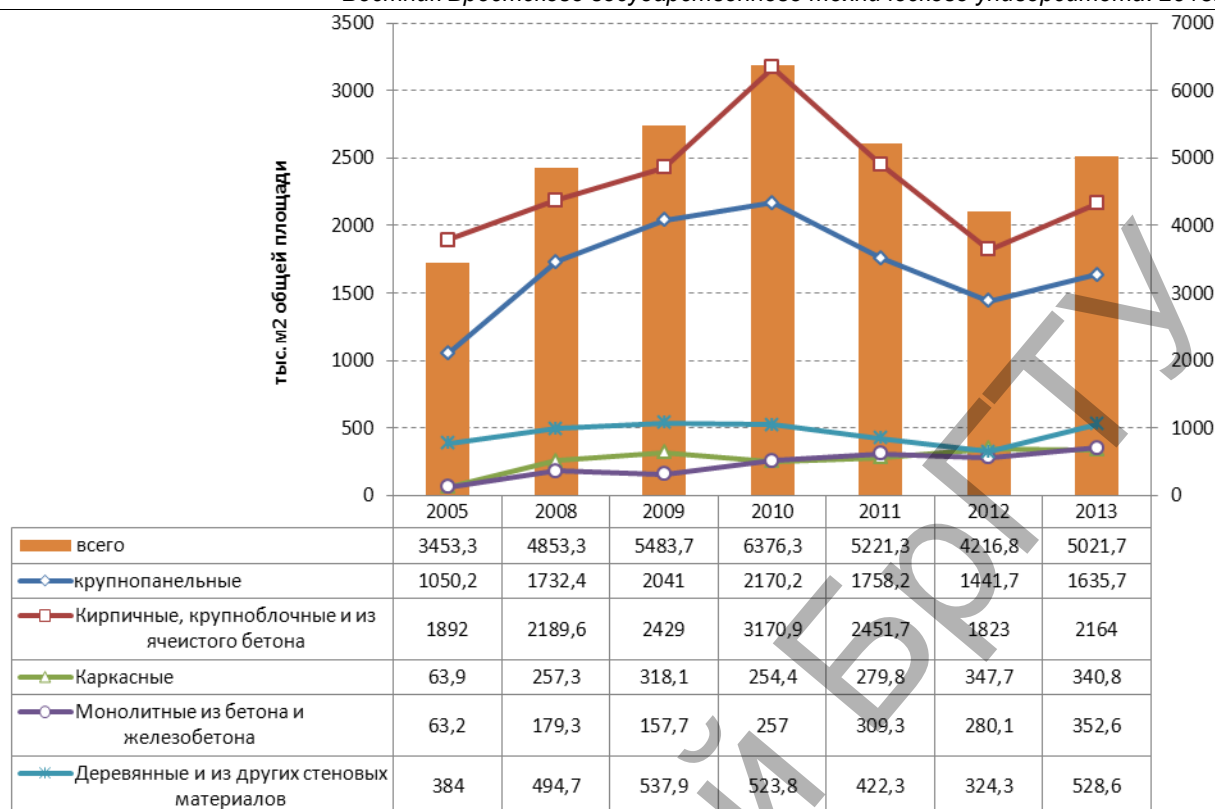


Рис. 1. Динамика строительства жилых зданий в Республике Беларусь в разрезе конструктивных систем [18]

Применение современных мировых технологий изготовления сборного железобетона, в том числе предварительно напряженного (многопустотные плиты и ригеля) позволяет снизить трудозатраты, материалоемкость и особенно энергоёмкость конструкций. Заводская технология изготовления конструкций на всех этапах обеспечивает контроль качества изделий, что в свою очередь гарантирует высокую надёжность конструктивной системы зданий на базе сборного каркаса.

По сравнению с монолитным каркасом при выполнении работ с применением сборного каркаса трудозатраты сокращаются до 50%, энергоёмкость работ до 25%, сроки возведения до 50% и стоимость – до 25%.

Следует учитывать и тот факт, что преимущество возведения зданий из сборных железобетонных конструкций не ограничено сезонностью работ и не требует тепловой обработки в построечных условиях при отрицательной температуре. С учётом этих обстоятельств применение сборного каркаса позволяет сократить общие сроки строительства здания до 25% и общую стоимость работ до 20%.

Сборный железобетон имеет преимущества перед монолитным, так как позволяет широко внедрять индустриализацию в строительное дело (прогрессивные технологические методы изготовления изделий на заводах и механизированный монтаж сооружений). В то же время монолитное домостроение имеет ряд преимуществ по сравнению со сборным [22, 23, 24]. К этим преимуществам относятся следующие:

- срок службы зданий и сооружений из монолитного железобетона составляет порядка 100...150 лет, а конструктивные особенности материала дают возможность выдержать землетрясение силой до 9 баллов;
- более высокая конструктивная жесткость и прочность зданий и сооружений;
- индивидуальность фасада каждого здания;
- снижение расхода материалов (бетона и стали) за счет более полного использования преимуществ неразрезных систем;
- отсутствие стыков конструкций;
- менее жесткая унификация объемно-планировочных параметров зданий, сооружений и отдельных конструкций;

- снижение затрат на создание базы по производству конструкций и материалов и ускорение начала работ по возведению основных конструкций;
- скорость монолитного домостроения уже не уступает сборному железобетону и др. [25].

Сегодня развитие монолитной технологии идет по пути интенсификации производства за счет непрерывного совершенствования организационных и технологических решений, нацеленных на сокращение срока выпуска готовой продукции при условии обеспечения ее высокого качества и эффективного использования всех видов ресурсов, вовлеченных в производственный процесс.

Достигнутые результаты в области внедрения поточных методов производства, снижения трудоемкости работ и увеличения интенсивности труда создали высокий потенциал для возведения объектов в монолитном исполнении со скоростью, сопоставимой с использованием технологии сборного железобетона [26].

Постоянное сокращение сроков возведения объектов в монолитном строительстве является сложившейся тенденцией. В монолитном домостроении тому показателем является сокращение времени на возведение одного этажа – в настоящее время передовыми строительными организациями этаж в монолитном исполнении возводится за срок до 4-х дней [25, 27, 28].

Отметим, что наилучшие показатели по времени возведения одного этажа характерны для строительных организаций, достаточно хорошо освоивших современные технологии и оборудование и расположенных в основном в столичных регионах: «Концерн КРОСТ» (3-4 дн/эт, монолитный каркас в тоннельной опалубке с навесными трехслойными панелями), «Концерн МонАрх» (до 2 дней/этаж, использование разборно-переставной опалубки) и т. д. [Ошибка! Заглавка не определена., 29, 30, 31, 32], а также на уникальных высотных объектах: башни Петронас (в столице Малайзии Куала-Лумпуре, 4дн/эт, 1998г, 450 м), Тайбей-101 (в столице Тайваня, 6дн/эт, 2005г, около 500 м), Бурж-Дубай (в столице ОАЭ Дубае, 3дн/эт - св.600 м). В условиях севера с темпами 7дн/эт возводилась Шведская «Витая колонна» высотой 190 м. В Украине американско-канадская фирма «Aluma System International Inc» при строительстве многоэтажного жилья в районе Острой Могилы (Луганск, 4дн/эт, 2007 г.) [33]. В Ереване в 2005 г появилась возможность возводить здание

с площадью этажа 2100 м со скоростью 10 дн/эт (в Москве этаж площадью 1100 м – за 4 дня) и т.д. [Ошибка! Закладка не определена.]

За рубежом основой технологии скоростного строительства при производстве монолитных работ является использование самоподъемной (реже скользящей) опалубки. Связано это с тем, что применение данной опалубки при возведении высотных объектов точечного типа очень эффективно – в ней обычно возводится наиболее трудоемкая часть – монолитное ядро. Тем не менее, для строительства зданий, не относящихся к классу высотных использование самоподъемной опалубки не всегда экономически оправданно, а применение тоннельной опалубки все же остается ограниченным для некоторых объемно-планировочных решений (например, где основной является каркасная система). В большинстве случаев при строительстве монолитных каркасных жилых зданий применяют универсальную разборно-переставную опалубку.

Отметим, что опалубочные работы занимают второе место по трудоемкости – до 35–40 %; их стоимость доходит до 25 % от стоимости строительства [21, 34, 35, 36], что и определяет в настоящее время большое разнообразие опалубочных систем. Так, для бетонирования вертикальных конструкций применяются: инвентарная мелкощитовая опалубка фирмы «MEVA» (Германия); инвентарная мелкощитовая опалубка фирмы «DOKA-Frmaх» (Австрия); крупнощитовая деревянная опалубка «DOKA» (Австрия); инвентарная мелкощитовая опалубка «ALUMA-SYSTEMS» (Канада). Они имеют лучшую конструкцию и отличаются повышенной надежностью по сравнению с отечественными разработками. Однако опыт применения этих системных опалубок, помимо ряда преимуществ, выявил и серьезные недостатки: применение инвентарных мелкощитовых опалубок обладает относительно высокой трудоемкостью. При монтаже и демонтаже опалубки каждый раз необходимы поэлементная сборка и разборка опалубки с помощью крана, что увеличивает количество подъемов, уменьшает эффективность использования крана, снижает выработку рабочих; в проектных решениях монолитных каркасных жилых домов используется большое количество типоразмеров конструкций и архитектурных элементов. Для бетонирования этих конструкций недостаточно использование только существующих типоразмеров инвентарных опалубок. Очень часто приходится использовать специальные вставки, что требует дополнительных трудовых и финансовых затрат; деревянная крупнощитовая опалубка фирмы «DOKA» применяется для возведения прямолинейных вертикальных железобетонных конструкций и имеет ограниченную область применения: при бетонировании П-образных, Т-образных и Г-образных вертикальных конструкций циклы бетонирования увеличиваются, потому что бетонировать приходится отдельными прямыми участками; конструкция деревянной крупнощитовой опалубки фирмы «DOKA» имеет существенные недоработки в узлах крепления деревянной балки к металлической выравнивающей балке – в процессе эксплуатации очень часто во время строповки и подъема конструкции крупнощитовой опалубки ломаются «гайки-зажимы», в результате этого щиты опалубки выходят из строя [Ошибка! Закладка не определена.]. В итоге конструктивные недостатки опалубочных систем, в большинстве случаев, приводят к тому, что фактические сроки реализации проектов в монолитном исполнении оказываются значительно выше плановых, что негативно сказывается на себестоимости конечной продукции и эффективности строительного производства в целом. Практика показывает, что в монолитном строительстве подобная ситуация может наблюдаться даже при высоком уровне общей организации, характеризующимся непрерывностью поставок материалов, значительной степенью механизации работ и плановым обеспечением производственного процесса квалифицированными трудовыми ресурсами. Причинами, кроме выше обозначенной, являются сложность прогнозирования фактических сроков производства работ в условиях нестабильности параметров производственной среды, а также высокая трудоемкость переделок в работе в случае выявления дефектов в возведенных монолитных конструкциях.

В данных условиях рациональным решением было бы применение прогрессивных технологических методов изготовления изделий на заводах и механизированного монтажа сооружений. Заводское исполнение несущих элементов каркаса обеспечивает хорошую управле-

мость процессом повышения качества и надежности зданий и по сравнению со стеновой или каркасной схемой, реализованной с использованием монолитного железобетона, оказывается более контролируемым, что в современных условиях приобретает решающее значение. Рациональным путем видится использование элементов сборного железобетона в наиболее трудозатратных и продолжительных по срокам возведения конструкциях. Наиболее трудоемкими при монолитном каркасном домостроении являются вертикальные несущие конструкции, а также лестничные марши с площадками.

Данный факт подтвердил опыт возведения монолитного 18-этажного жилого дома в г. Бобруйске (рис. 2), на котором вертикальные монолитные конструкции (диафрагмы жесткости, шахты лифтов, частично колонны, а также лестничные марши и площадки) были заменены на сборные, в результате чего трудоемкость производства строительных работ сократилась на 52 %.



Рис. 2. Монолитный 18-этажный жилой дом в г. Бобруйске

В целом по зданию разница в стоимости одного квадратного жилого дома с монолитным каркасом и сборным составила 30,592 долл. США. При общей стоимости строительно-монтажных работ в 33 млрд 73 млн белорусских рублей на 01.09.2013 г. экономия составила 1 млрд 764 млн. Общий экономический эффект составил 5,33 % от сметной стоимости строительства.

Учитывая приведенные аспекты, и особенно ограниченные энергетические и трудовые ресурсы в строительной отрасли, применение сборного железобетона при строительстве каркасных многоэтажных монолитных зданий экономически эффективно.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будников, М.С. Технология и организация строительства зданий и сооружений / М.С. Будников, А.П. Обозный. – Киев: Будівельник, 1964.
2. Гусаков, А.А. Системотехника строительства / А.А. Гусаков. – М.: Стройиздат, 1993. – 368 с.
3. Гусаков, А.А. Организационно-технологическая надежность строительства / А.А. Гусаков, А.В. Гинзбург. – М.: SvR-Аргус, 1994 – 472 с.
4. Жуков, А.А. Оптимизация технологии и организации строительства / А.А. Жуков – Киев: Будівельник, 1977. – 184 с.
5. Завадскас, Э.К. Системотехническая оценка технологических решений строительного производства / Э.К. Завадскас. – Л.: Стройиздат, 1991. – 256 с.
6. Завадскас, Э.К. Многоцелевая селектоновация технологических решений строительного производства: дис... д-ра техн. наук / Э.К. Завадскас. – Вильнюс, 1987. – 433 с.

7. Рыбальский, В.И. Проектирование и создание больших производственных систем / В.И. Рыбальский. – М.: Экономика, 1971. – 197 с.
8. Торкатюк, В.И. Монтаж конструкций большепролётных зданий / В.И. Торкатюк – М.: Стройиздат, 1985. – 170 с.
9. Федосова, Е.В. Индустриальные строительно-технологические системы-ускорители научно-технического прогресса / Е.В. Федосова. – Киев: Выща шк., 1988. – 164 с.
10. Фоков, Р.И. Выбор оптимальной организации и технологии возведения зданий / Р.И. Фоков – Киев: Будівельник, 1969. – 192 с.
11. Фоков, Р.И. Организация, планирование и управление капитальным строительством: тексты лекций. акад. нар. хоз-ва СССР / Р.И. Фоков. – М., 1979. – 143 с.
12. Черненко, В.К. Основные положения формирования теории проектирования строительно-монтажных процессов / В.К. Черненко // Строительное производство. – К.: Будівельник, 1986. – № 25. – С. 56–58.
13. Черненко, В.К. Общие принципы квалификации и унификации методов монтажа строительных конструкций / В.К. Черненко // Тез. докл. ТХ Интерконгресса индустриального строительства. – Германия: Лейпциг, 1991. – С. 94–98.
14. Организация и планирование строительства / Под ред. Г.Д. Малышевского и С.А. Ушацкого. – К.: Урожай, 1993. – 432 с.
15. Ушацкий, С.А. Информационные основы управления строительным производством / С.А. Ушацкий. – Киев: Будівельник, 1977. – 168 с.
16. Организация и планирование строительного производства / Под ред. А.К. Шрейбера. – М.: Высш. школа, 1987. – 368 с.
17. Шембаков, В.А. Сборно-монолитное каркасное домостроение: руководство к принятию решения / В.А. Шембаков. – Чебоксары, 2005. – Издание 2-е перераб. – 119 с.
18. Статистический сборник. Жилищное строительство республики Беларусь / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск, 2014. – 203 с.
19. Бадеян, Г.В. Пути повышения качества жилых зданий из монолитных железобетонных конструкций / Г.В. Бадеян, Р.Ю. Мелконян, К.Б. Енокян // Тезисы докладов научно-технической конференции / ЕрАСИ. – Ереван, 1991. – С. 24–25.
20. Дикман, Л.Г. Организация жилищно-гражданского строительства. 2-е изд., перераб. и доп.: справочник строителя / Л.Г. Дикман, Л.В. Киевский, Р.П. Шувалова [и др.] – М.: Стройиздат, 1990. – 495 с.
21. Бадеян, Г.В. Технологические основы возведения монолитных железобетонных каркасов в высотном жилищном строительстве: автореферат диссертации.
22. Афанасьев, А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона / А.А. Афанасьев. – М.: Стройиздат, 1990. – 384 с.
23. Данилов, Н.Н. Технология строительного производства: учебник для вузов / Н.Н. Данилов, Т.П. Чернов, Н.А. Руффель [и др.] – М.: Стройиздат, 1977. – 440 с.
24. Дикман Л.Г. Организация строительства в США: учебное издание / Л.Г. Дикман, Д.Л. Дикман – М.: Издательство «Ассоциация строительных вузов», 2004. – 376 с.
25. Галумян, А.В. Организационно-технологическая модель скоростного строительства жилых зданий из монолитного железобетона: автореферат диссертации.
26. Адамцевич, А.О. Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства с учетом факторов внешней среды: автореферат диссертации.
27. Гриффит, Алан Системы управления в строительстве: пер. с англ. / А. Гриффит, П. Стивенсон, П. Уотсон. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – 464 с.
28. Комаров, И.К. Совершенствование строительного производства / И.К. Комаров – М.: Стройиздат, 1979. – 208 с.
29. Амбарцумян, С.А. Нормы выполнения опалубочных работ при скоростном монолитном домостроении / С.А. Амбарцумян, А.С. Мартиросян, А.В. Галямян // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. – № 2. – С. 39–41.
30. Амбарцумян, С.А. Производство работ по устройству монолитных железобетонных конструкций: учебное пособие / С.А. Амбарцумян, А.С. Мартиросян, А.В. Галямян. – М., 2008. – 138 с.
31. Комаров, И.К. Совершенствование строительного производства / И.К. Комаров – М.: Стройиздат, 1979. – 208 с.
32. Коршунова, А.П. Технология строительного производства: учебник для вузов / А.П. Коршунова, Н.Е. Муштаева, В.А. Николаев, Н.Я. Сенаторов; под ред. Н.Я. Сенаторова – М.: Стройиздат, 1982. – 288 с.
33. Галумян, А.В. Возможности интенсификации сроков строительства в монолитном домостроении / А.В. Галямян // Научно-техническое творчество молодежи пути к обществу, основанному на знаниях: сб. тр. I Международной научно-практической конференции. – 2009. – С. 110–111.
34. Абрамов, В.С. Электротермообработка бетона / В.С. Абрамов, Н.Н. Данилов, Б.М. Красновский. – М.: Госкомиздат, 1975. – 165 с.
35. Бадеян, Г.В. Влияние организационно-технологических мероприятий на качество строительной продукции / Г.В. Бадеян, Р.Ю. Мелконян, К.Б. Енокян // Тезисы докладов научно-технической конференции ЕрАСИ. – Ереван, 1991. – С. 18–19.
36. Руководство по применению опалубки для монолитных железобетонных конструкций. – М.: Стройиздат, 1972. – 163 с.

Материал поступил в редакцию 07.12.15

#### **PENYAZ M.A., POZDNYAKOV D.A. Use of precast concrete in construction of monolithic multystoried frame buildings**

Comparative analysis of cast-in-situ and precast technology multi-storey frame building was made in the article. Strengths and weaknesses of both technologies are given. Areas of cost-efficient replacement of cast-in-situ structures for precast structures are specified. The technical and economic characteristics of the replacement of corresponding constructions are given.

УДК 624.078.412

**Шалобыта Т.П., Шалобыта Н.Н., Деркач Е.А., Науменко Ю.Н.**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С НЕСЪЕМНОЙ ОПАЛУБКой ИЗ ЦСП**

**Введение.** Произошедшие в последнее время изменения в строительной отрасли и разукрупнение строительных организаций привели

к необходимости использования таких конструктивных схем зданий, в которых диски покрытий и перекрытий собираются на строительном

*Шалобыта Татьяна Петровна, к.т.н., доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.*

*Шалобыта Николай Николаевич, к.т.н., заведующий кафедрой строительных конструкций Брестского государственного технического университета.*

*Науменко Юрий Николаевич, магистрант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета.*

*Деркач Евгений Александрович, аспирант кафедры строительных конструкций Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*