

Активные элементы пассивных и энергоэффективных методов монтажа железобетонных элементов

С. А. Сычёв¹, Ахмед А. Аль-Хабиб¹, Агадир Абасс¹ и Д. Т. Курасова²

¹ Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

² Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: В исследовании было оценено влияние положения пружины в панели на количество силы, необходимой для вертикального толкания колонн. Результаты показывают, что чем дальше пружина от шарнира, тем меньшая сила толкания требуется для подъема колонны. В этом методе колонна была соединена с панелью шарнирными петлями на заводе, что позволяет поднимать элементы краном, как единую группу во время установки рамной конструкции на стройплощадке. Кроме того, на панели на определенном расстоянии установлена пружина, помогающая выталкивать колонну и закреплять ее. В данной статье также предложено резьбовое соединение сборных железобетонных колонн, которое может быть использовано для соединения элементов полносборных зданий и сооружений. Контактное-винтовое соединение сборного железобетона состоит из верхней и нижней колонны, обе имеют стальную внешнюю резьбу цилиндрической формы в концевой секции соединены. Прочность соединения винтовой колонны определяется обеспечением передачи осевых нагрузок и момента в соединениях, обеспечивая разрушение, вызванное срезанием и смятием резьбы, которые могут возникнуть между соединенными колоннами. Посредством необходимых расчетов для винтового соединения колонн из сборного железобетона была подтверждена соответствующая жесткость и прочность. Новые соединения будут способствовать развитию строительства, его энергоэффективности и ускорению монтажного процесса. Это эффективные подходы к сокращению усилий, времени и трудо- и энергозатрат.

Ключевые слова: быстровозводимые здания, пассивная сборка, соединение колонн, винтовое соединение, энергоэффективность монтажа, монтажная пружина, шарнирная петля.

Монтаж пассивных систем представляет собой сборочные механизмы, требующие нулевого энергопотребления, такие, как трансформируемые петли, элементы крепления, сжатые монтажные пружины, энергоэффективные механизмы [1, 2].

Для оценки энергоэффективности (пассивности) строительных систем предложена методика и показатель комплексной энергоэффективности возведения полносборных зданий на основе энергозатрат строительного процесса с учётом различных форм соединений. Результаты расчетов представлены на рис. 1 [3,4].

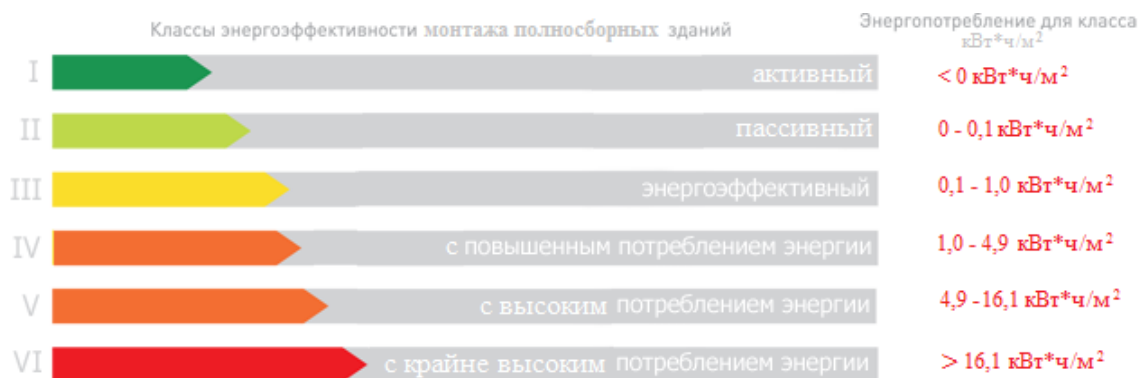


Рис. 1. Классы энергоэффективности строительных систем
 возведения зданий: I–VI — классы, кВт·ч/м²

Проведенное энергетическое моделирование на основе минимизации или обнуления энергозатрат при монтаже выявило *необходимость разработки принципиально новых решений монтируемых элементов и узлов: энергоэффективных соединений со снижением энергозатрат (Wэ) в разы, пассивные методы контроля точности при энергозатратах Wэ → 0, пассивных и энергоэффективных методов монтажа колонн, лестничных маршей, стен, ограждающих панелей при Wэ → 0 является обязательным и необходимым условием достижения высоких параметров строительства [5].*

Однако ведущие ученые внесли свой вклад в разработку методов и методик высокоскоростной установки [6,7], предполагающую создание решений путем последовательной оценки составляющих трудового и энергетического баланса установочного процесса [8].

Ранее разработаны научно-практические основы высокотехнологичного монтажа быстровозводимых трансформируемых зданий в суровых условиях России [9].

Джу-Юн Ху, Вон-Ки Хонг, Сеон-Чи Парквере предложили сухое механическое соединение на основе сборного железобетона для полностью сдерживаемых моментных соединений [10].

Несколько исследователей, таких, как Сункук Ким, Вон-Ки Хонг, Дж. Д. Нзабонимпа и Джисун Ким, предложили подходы и методы для ускорения возведения сборных элементов [11, 12].

Целью исследования является описание технологии пассивной и энергоэффективной сборки элементов с использованием сжатых сборочных пружин, шарнирных петли и винтовых соединений, которые используются для ускорения монтажа сборных элементов [13].

Предлагаемый метод может быть применен к системе КУБ 2.5, известной, как балочная система каркаса. Идея предлагаемого метода заключается в том, что сборные элементы, такие, как колонна и панель перекрытия, изготавливаются на заводе, скрепляются между собой и транспортируются целиком. Установка колонны в проектное положение осуществляется поворотом на шарнире. Для увеличения скорости монтажа в панели на заданном расстоянии устанавливается пружина, которая помогает толкать колонну и фиксировать ее по вертикали (см. рис. 2, 3, 4).



Рис. 2. – План перекрытия в здании

1 — колонна; 2 — панели перекрытия; 3 — продольное сечение А-А

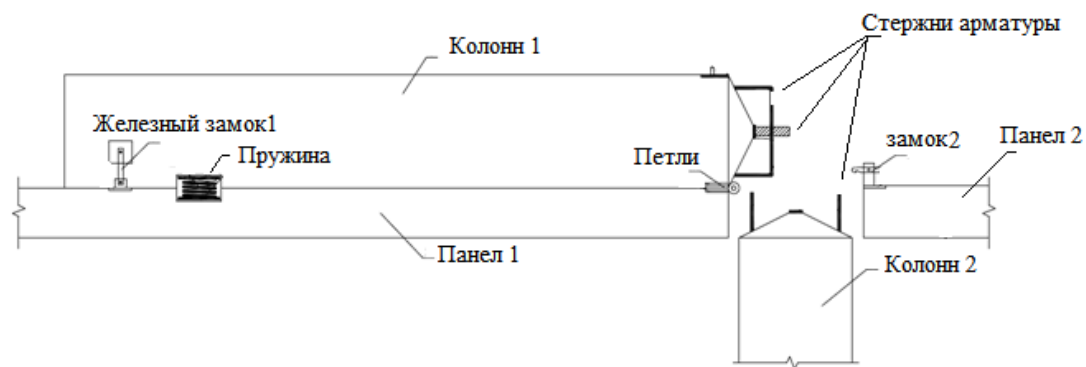


Рис. 3. – Детали компонентов и узлов для предлагаемой сборной модели (панель с колонной)

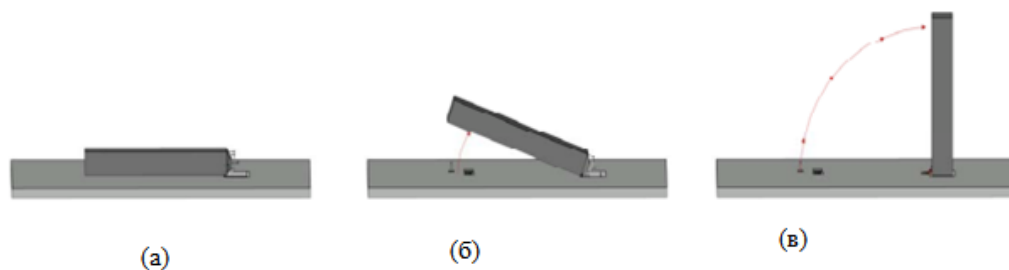


Рис. 4. – Этапы процесса монтажа сборки элементов каркаса

Требуемые силы толкания (рис. 5), создаваемые пружиной в соответствии с ее положением на панели, были рассчитаны для выбора подходящего положения пружины для подъема колонны из транспортного положения в проектное положение.

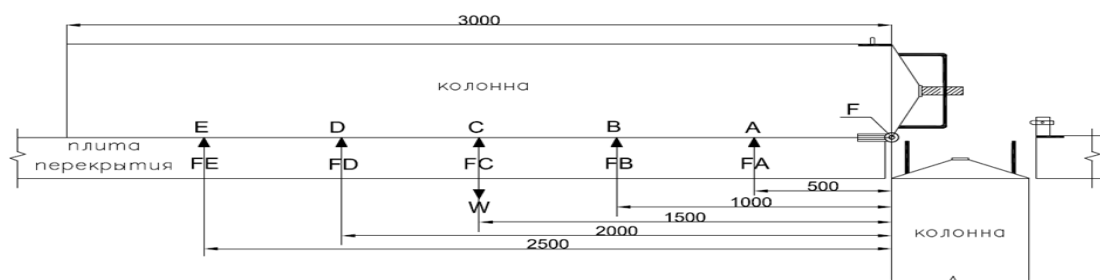


Рис. 5. – Иллюстрация внешних сил, воздействующих на колонну

Если высота объекта изменяется на величину, то работа с объектом осуществляется за счет силы тяжести [14]. Расчеты проводились в два этапа: (см. рис. 6).

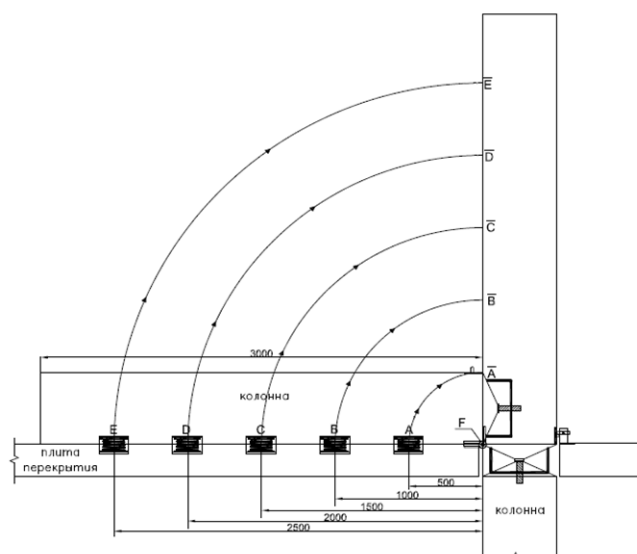


Рис. 6. Механизм перевода колонны из монтажного положения в проектное

Исходя из закона сохранения энергии и второго закона Ньютона, была найдена сила толкания, необходимая для вертикальной установки колонны, в зависимости от положения пружины, относящейся к шарниру петли, и для трех поперечных сечений колонн (сеч. 1,2,3), согласно рис. 7-8.

Были спроектированы и выбраны необходимые характеристики пружины, при которых пружина могла обеспечивать минимальную необходимую силу толкания в точке Е для подъема колонны, согласно ОСТ 108.764.01-80.

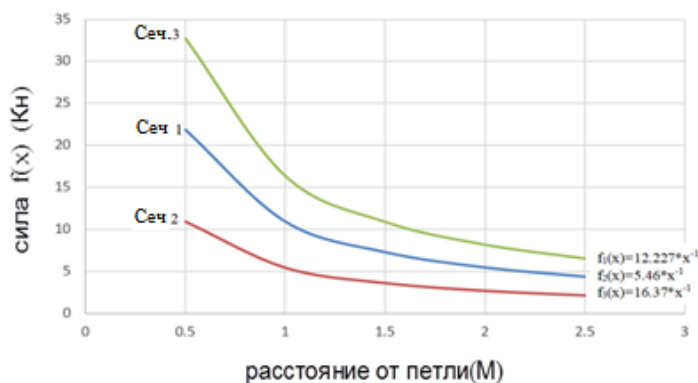


Рис. 7. – Соотношение между силой толкания, необходимой для подъема колонны, и расстоянием от петли для трех сечения колонны

В нашем случае важны напряжения среза и смятие, поэтому эти напряжения в точке контакта были рассчитаны [15, 16].

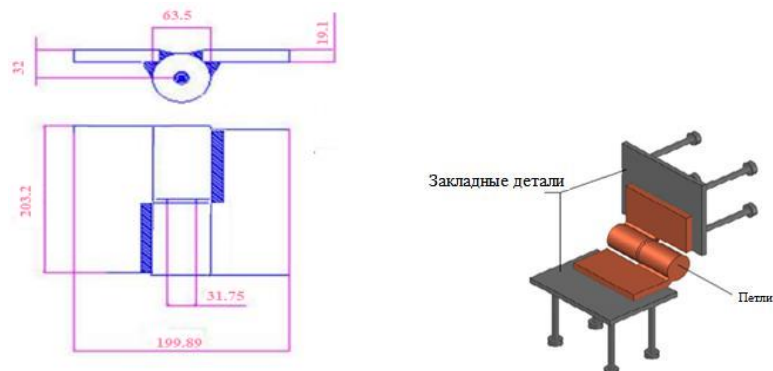


Рис. 8. – Детали шарнирной петли

Рассмотренный в статье метод может быть перенесен на другие элементы строительных систем, такие, как КУБ 2.5, КПД, ПКД, ОБД, тем самым повышая эффективность и технологичность процесса установки (см. рис.10).

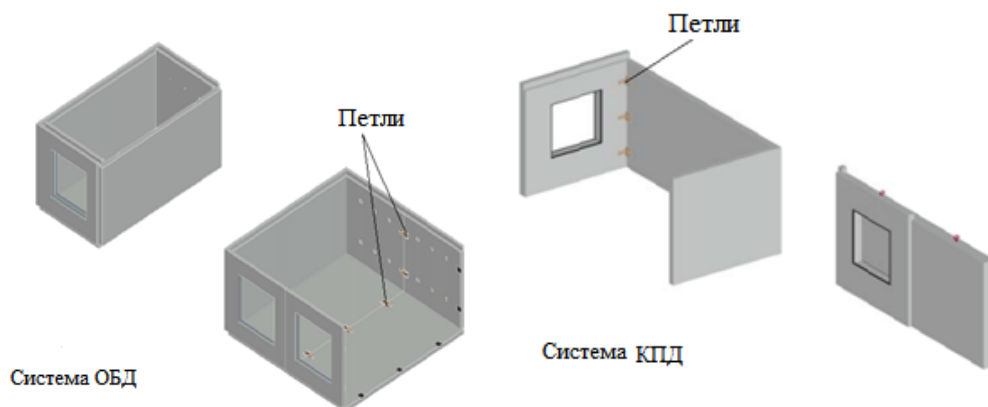


Рис. 10. – Принципиальные схемы построения систем ОБД и КПД

Также исследовано и разработано новое сухое механическое соединение колонна-колонна для железобетонных сборных каркасов [17, 18]. Предлагаемое сухое механическое соединение построено с использованием высокопрочной цилиндрической внешней резьбы для обеспечения соединения с полностью ограниченным моментом для систем колонна-колонна. При этом завинчивание происходит по всей контактной

поверхности за счет резьбы, а верхняя колонна одновременно погружается и стыки между элементами закреплены (см. рис. 11).

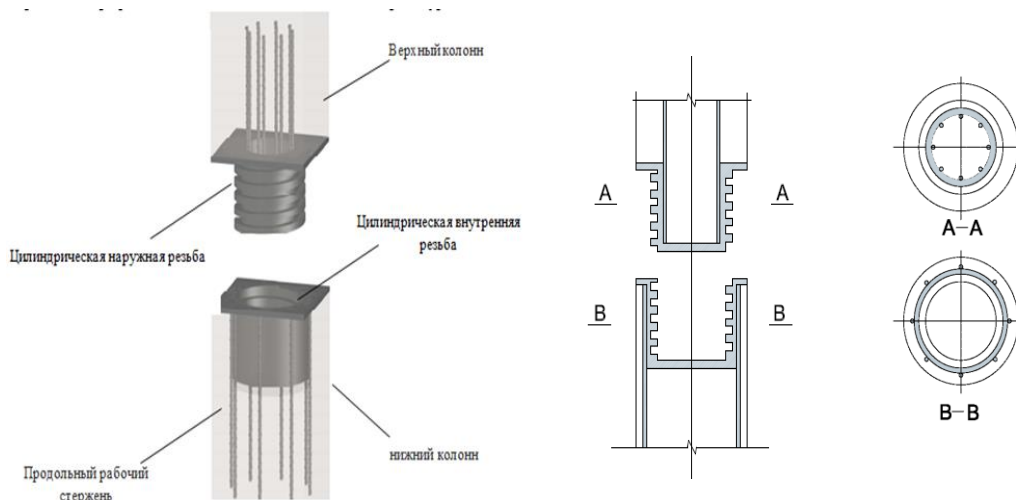


Рис. 11. – Контактное винтовое соединение

Для определения вертикальных сил и изгибающих моментов, действующих на колонны, выбран шестнадцатиэтажный жилой дом. Определена величина вертикальной силы (N) и изгибающего момента (M) колонны, которые будут применяться при исследовании (см. рис. 12).

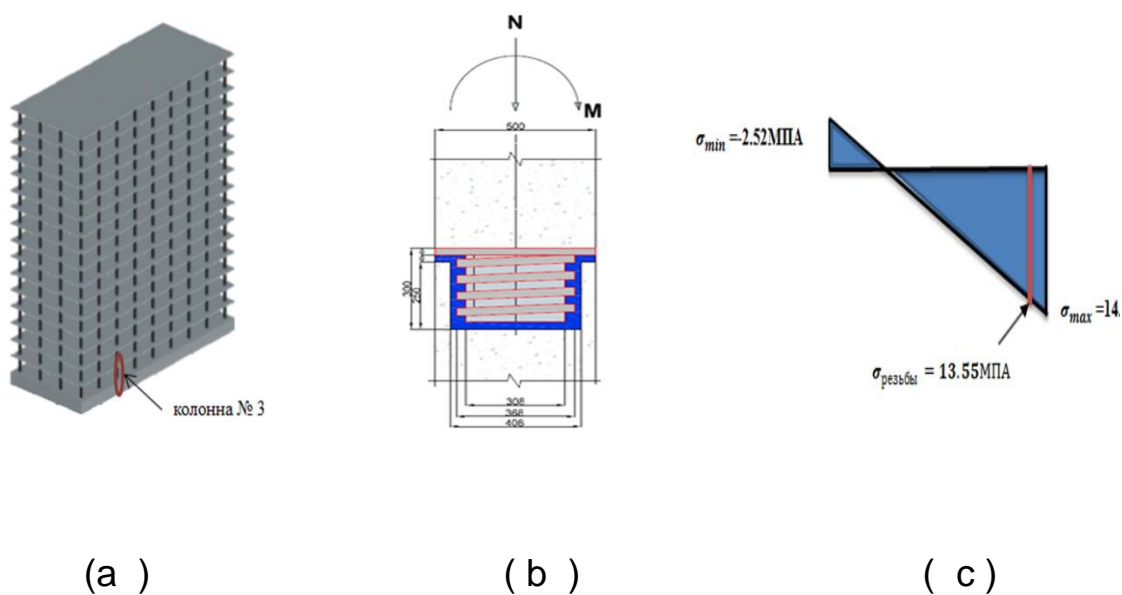


Рис. 12. – а). Многоэтажное здание; б). Разрез колонны № 3; в). Расчёт максимального и минимального краевого давления

Применены оптимальные механизмы сборки - пружинно-шарнирные, позволяющие ускоренно возводить системы КУБ 2.5, ПКД, КПД, ОБД, из сборных конструкций с применением технологичных и энергосберегающих технологий.

Выводы:

1. Время, необходимое для транспортировки и монтажа элементов, значительно сократится, что приведет к снижению общих затрат на 50%.
2. Установлены минимальные потребные усилия тяги (для трех колонн поперечного сечения (400*400, 200*400, 400*600) мм, последовательно, чтобы пружина могла обеспечить подъем колонны из монтажного положения в вертикальное проектное положение.
3. Разработаны принципиально новые технологические решения, обеспечивающие энергоэффективный монтаж железобетонных элементов полносборных строительных систем.
4. Разработанные резьбовые соединения сборных железобетонных колонн обеспечивают быстрое и безопасное соединение колонн между собой, или колонн с фундаментом.

Литература:

1. Sychev S.A., Badin G. M. An interactive construction project for method of statement based on BIM technologies for high-speed modular building. Architecture and Engineering. 2016. №4. PP. 36-41.
2. Бадьин Г.М., Сычѳв С.А., Павлова Н.А. Влияние качества проектных решений и строительно-монтажных работ на энергоэффективность зданий. Мир строительства и недвижимости. 2013, № 47, С. 7–10.

3. Бадьин Г.М., Сычѐв С.А. Технологии строительства и реконструкции энергоэффективных зданий. СПб, БХВ-Петербург, 2017, 464 с.
 4. Sychev S.A., Sharipova D.T. Monitoring and Logistics of Erection of Prefabricated Modular Buildings. Indian Journal of Science and Technology. 2015. Vol. 8(29). PP. 1–6.
 5. Sychev S. A. Construction systems for the erection pre-fabricated buildings out of factory-made modules. Architecture and Engineering. 2020. №2. PP. 32-38.
 6. Булгаков А.Г., Воробьев В.А., Евтушенко С.И., Шахин Д.Я. Автоматизация и роботизация строительства. РИОР: ИНФРА-М, Москва: 2013, 452 с.
 7. Вильман Ю.А. Совершенствование технологий сборки конструкций многоэтажных домов. Вестник ВолГАСУ, 2013, № 4 (29), С. 21–27.
 8. Афанасьев А.А., Арутюнов С.Г., Афонин И.А. Технология возведения быстровозводимых зданий. Изд-во АСВ, Москва, 2007, 360 с.
 9. Сычѐв С.А. Индустриальная технология монтажа быстровозводимых трансформируемых зданий в условиях Крайнего Севера. Жилищное строительство, № 3, 2017, С. 71–78.
 10. Нзабонимпа Дж. Д., Хонг Вон-Ки, Джисун Ким, Механические соединения сборных железобетонных колонн со съёмными металлическими пластинами. Конструктивное проектирование высотных специальных зданий, № 26, Выпуск 17. 2017, С. 65–72.
 11. Сункук КимВон-КиХонг, Разработка модульной конструкции усовершенствованных сборных композитных структурных систем (Умный зеленый каркас) и встроенная энергоэффективность. Энергия и здания, № 66, 2013, С. 16–21.
-

12. Наус Д. Дж. Влияние повышенной температуры на бетонные материалы и конструкции — обзор литературы. Комиссия по ядерному регулированию США. Управление ядерного регулирования, 2005, 204 с.

13. Абасс А.А., Аль-Хабиб А. Али Хусейн. Системный анализ технических и технологических решений соединений элементов в полносборном строительстве в России и за рубежом. Сб. межд. конференции «Управление процессами и научные разработки», Бирмингем, 2021, С. 117–125.

14. Хохлов В.А., Цукублина К.Н., Куприянов Н.А., Логвинова Н.А., Сопротивление материалов. Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 234 с.

15. Райнкина Л.Н. Гидромеханика: Уч. пос. Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва, 2005, 234 с.

16. Гордин П.В., Росляков Е.М., Евелеков В.И. Детали машин и основы конструирования: СПб, 2006. 186 с.

17. Мордич А. И., Вигдорчик Р. И., Соколовский Л. В. Патент № 2197578 С2 Российская Федерация, МПК E04B 1/18. Конструктивная система многоэтажного здания и способ его возведения (варианты): № 2000133028/03: заявл. 28.12.2000 : опубл. 27.01.2003; заявитель Научно-исследовательское и экспериментально-проектное государственное предприятие "Институт БелНИИС".
URL: elibrary.ru/download/elibrary_37908538_18902718.pdf.

18. Шпетер А. К., Семенюк П. Н., Родевич В. В. Патент № 2536902 С1 Российская Федерация, МПК E04B 1/58. Контактное винтовое стыковое соединение сборных железобетонных колонн: № 2013141894/03: заявл. 12.09.2013: опубл. 27.12.2014; заявитель Общество с ограниченной



ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

"Стройтехинновации

ТДСК".

URL: elibrary.ru/download/elibrary_37457151_58590829.pdf.

References:

1. Sychev S.A., Badin G. M. Architecture and Engineering. 2016. №4. pp. 36-41.
2. Bad'in G.M., Sychyov S.A., Pavlova N.A. Mir stroitel'stva i nedvizhimosti. 2013, № 47, pp. 7–10.
3. Bad'in G.M., Sychyov S.A. Tekhnologii stroitel'stva i rekonstrukcii energoeffektivnyh zdaniy. SPb, BHV-Peterburg, 2017, 464 p.
4. Sychev S.A., Sharipova D.T. Indian Journal of Science and Technology. 2015. Vol. 8(29). pp. 1–6.
5. Sychev S. A. Architecture and Engineering. 2020. №2. pp. 32-38.
6. Bulgakov A.G., Vorob'ev V.A., Evtushenko S.I., Shahin D.YA. Avtomatizaciya i robotizaciya stroitel'stva [Automation and robotization of construction]. RIOR: INFRA-M, Moskva: 2013, 452 p.
7. Vil'man Yu.A. Sovershenstvovanie tekhnologij sborki konstrukcij mnogoetazhnyh domov. Vestnik VolgGASU, 2013, № 4 (29), pp. 21–27.
8. Afanas'ev A.A., Arutyunov S.G., Afonin I.A. Tekhnologiya vozvedeniya bystrovozvodimyh zdaniy [Technology of construction of prefabricated buildings]. Izd-vo ASV, Moskva, 2007, 360 p.
9. Sychyov S.A. ZHilishchnoe stroitel'stvo, № 3, 2017, pp. 71–78.
10. Nzabonimpa Dzh. D., Hong Von-Ki, Dzhisun Kim. Konstruktivnoe proektirovanie vysotnyh special'nyh zdaniy, № 26, Vypusk 17. 2017, pp. 65–72.
11. Sunkuk KimVon-KiHong, Energiya i zdaniya, № 66, 2013, pp. 16–21.
12. Naus D. Dzh. Vliyanie povyshennoj temperatury na betonnye materialy i konstrukcii — obzor literatury. Komissiya po yadernomu regulirovaniyu SSHA [The effect of elevated temperature on concrete materials

and structures - literature review. U.S. Nuclear Regulatory Commission].
Upravlenie yadernogo regulirovaniya, 2005, 204 p.

13. Abass A. A., Al'-Habib A. Ali Husejn. Sb. mezhd. konferencii
«Upravlenie processami i nauchnye razrabotki», Birmingem, 2021, pp. 117–125.

14. Hohlov V.A., Cukublina K.N., Kupriyanov N.A., Logvinova N.A.,
Soprotivlenie materialov [Resistance of materials]. Izd-vo Tomskogo
politekhnicheskogo universiteta, 2011. 234 p.

15. Rajnkina L.N. Gidromekhanika [Hydromechanics]: Uch. pos.
Rossijskij gosudarstvennyj universitet nefti i gaza im. I.M. Gubkina, Moskva,
2005, 234 p.

16. Gordin P.V., Roslyakov E.M., Evelekov V.I. Detali mashin i osnovy
konstruirovaniya [Machine parts and design basics]: SPb, 2006. 186 p.

17. Mordich A. I., Vigdorichik R. I., Sokolovskij L. V. Patent № 2197578
C2 Rossijskaya Federaciya, MPK E04B 1/18. Konstruktivnaya sistema
mnogoetazhnogo zdaniya i sposob ego vozvedeniya (varianty) [The structural
system of a multi-storey building and the method of its construction (options)] : №
2000133028/03 : zayavl. 28.12.2000 : opubl. 27.01.2003 ; zayavitel' Nauchno-
issledovatel'skoe i eksperimental'no-proektное gosudarstvennoe predpriyatіe
"Institut BelNIIS". URL: elibrary.ru/download/elibrary_37908538_18902718.pdf.

18. Shpeter A. K., Semenyuk P. N., Rodevich V. V. Patent № 2536902
C1 Rossijskaya Federaciya, MPK E04B 1/58. Kontaktное vintovoe stykovoe
soedinenіe sbornyh zhelezobetonnyh kolonn [Contact screw butt joint of precast
reinforced concrete columns]: № 2013141894/03: zayavl. 12.09.2013: opubl.
27.12.2014; zayavitel' Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu
"Strojtekhnovacii TDSK".
URL: elibrary.ru/download/elibrary_37457151_58590829.pdf.
