

Анализ возможности замены монолитного каркаса на сборно-монолитный каркас при строительстве жилого многоэтажного дома

А.В. Лысков, Е.Д. Саметканова

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Аннотация: В статье рассмотрена возможность замены монолитного каркаса на сборно-монолитный каркас при строительстве жилого многоквартирного дома. Приведено многообразие конструктивных систем, возводимых в РФ жилых и общественных зданий. Рассмотрены положительные и отрицательные стороны каждого из предложенных способов. Приведено экономическое обоснование замены монолитного каркаса на сборно-монолитный. На основании полученных результатов сделаны выводы об эффективности применения сборно-монолитных систем возведения зданий гражданского назначения.

Ключевые слова: строительство, технология строительства, монолитный каркас, сборно-монолитный каркас, сборные конструкции, срок строительства, стоимость строительства.

Современные жилые и общественные здания должны обладать такими несущими системами, которые, помимо обеспечения прочности и устойчивости зданий, придают им выгодные экономические параметры [1, 2]:

- минимально возможный вес здания, что обеспечивает сокращение материальных и энергетических затрат на их возведение;
- простая технология их возведения на основе применения эффективных материалов, изделий и конструкций, а также современного технологического оборудования, что обеспечивает сокращение трудозатрат и ускорение темпов строительства;
- повышение потребительских качеств зданий, обеспечивающих современный комфорт, возможность перепланировки по вкусу потребителя, сокращение энергозатрат на их эксплуатацию.

Обзор технических решений конструкций зданий средней и повышенной этажности (до 25 этажей включительно), применяемых в отечественном и зарубежном строительном производстве, показывает, что решение указанных задач обеспечивается, в основном, широким

применением каркасных систем [1, 2]. Применяемые каркасы можно разделить на три основные группы:

- монолитные каркасы (МК), включающие колонны, диафрагмы и/или ядра жесткости и сплошные плиты перекрытий, выполненные по месту в монолитном железобетоне [3];
- сборные каркасы (СК), выполненные из сборных элементов (колонны, ригели, панели диафрагм жесткости, многпустотные плиты) посредством их объединения на сварке или иными связями, швами омоноличивания [4];
- сборно-монолитные каркасы (СМК), включающие по условиям строительства сборные и монолитные колонны, монолитные или сборно-монолитные диафрагмы (ядра жесткости), сборно-монолитные диски перекрытий, образованные сборными плитными элементами, монолитными или сборно-монолитными ригелями [5].

Преимуществами монолитного домостроения являются уникальность и множество архитектурных решений. Нельзя упускать и высокую пространственную жесткость, звуко- и теплоизоляцию, отсутствие соединительных швов, что способствует уменьшению трудозатрат. Монолитное строительство имеет не только достоинства, но и недостатки. Ими являются большие трудовые затраты на возведение здания, т.к. необходимо устройство опалубок и лесов, а так же сильная зависимость от природных условий [6].

Сборное строительство обладает несколькими достоинствами:

- высокое качество продукции (производится на заводе);
 - наиболее высокая скорость возведения здания;
 - требуются минимальные затраты на организацию и производство опалубочных и бетонных работ;
 - минимальная зависимость от природных условий.
-

Недостатки:

- однотипность и ограниченность планировок;
- низкое качество соединительных швов;
- низкая звуко- и теплоизоляция [7].

В последние годы становится все популярнее сборно-монолитное домостроение. Оно вобрало в себя преимущества монолитного и сборного домостроения. Такой способ строительства позволяет уменьшить потребность в арматуре и бетоне, тем самым снижая стоимость строительства. Также к плюсам такого домостроения стоит отнести более 80% производства сборных конструкций на предприятиях, повышение темпов строительства, за счет уменьшения выполняемых работ, уменьшения потребности в энергоресурсах зимой [8, 9].

В таблице 1 приведено сравнение некоторых видов строительных систем [10].

Таблица 1

Сравнение видов строительных систем

Критерии	Виды строительных систем		
	Сборный каркас	Монолитный каркас	Сборно-монолитный каркас
1	2	3	4
Качество строительства	среднее	среднее	высокое
Эстетические возможности композиций фасадов	низкая	высокая	высокая
Возможность свободной планировки квартир	отсутствует	существует	существует
Скорость монтажа каркаса	1,5 месяца	6 месяцев	3-4 месяца

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Коэф. удельной бетоноемкости ($\text{м}^3/\text{м}^2$)	0,48	0,42	0,24
Вес каркаса дома ($\text{кг}/\text{м}^2$)	1200	1050	600
Высота потолка	3м	3м и выше	3м и выше
Поперечный шаг	4,2 м	4,2 м и более	4,2 м и более
Продольный шаг	6,6 м	6 м и более	6 м и более
Ограничения по этажности	10-19 этажей	9-25 этажей	9-25 этажей

В данной статье рассмотрена возможность замены монолитного перекрытия на сборно-монолитное при возведении многоквартирного жилого дома, расположенного в г. Перми.

Экономичность сборно-монолитного каркаса по сравнению с монолитным обеспечивается:

- применением пустотных и др. эффективных сборных элементов, изготавливаемых более экономно и качественно с использованием специального оборудования;
- рациональным размещением рабочей арматуры, согласно наибольшему силовому потоку, в створах колонн и с минимизацией ее по полю перекрытия;
- сокращением трудозатрат на выполнение вертикальных диафрагм жесткости и их объединение с колоннами.

Для подтверждения сказанного, в таблице 2 представлено сравнительное сопоставление затрат на возведение 9-ти этажного дома, одинаковые секции которого были выполнены с монолитным и сборно-монолитным каркасом.

Таблица 2

Сравнительное сопоставление затрат после замены МК на СМК

№ поз.	Наименование конструктивных элементов каркаса и виды затрат	Показатели на секцию дома		Примечание
		МК	СМК	
1	Стоимость каркаса на этаж	80 449,5	56 236,0	
1.1	в т.ч. устройство колонн	11 419,8	19 550,5	Удорожание сборных колонн (-) 41,6%
1.2	в т.ч. стены диафрагм жесткости и лестнично-лифтовой узел	45 743,8	18 724,2	Замена монолитного ж/б на сборные изделия Снижение стоимости (+) 59,0%
1.3	в т.ч. перекрытие	23 285,8	17 961,3	Снижение стоимости (+) 22,8%
2	Стоимость каркаса здания	804 495,0	562 360,5	Снижение стоимости каркаса (+) 30%
3*	Стоимость фундаментов (на свайном ростверке)	136 875	102 780	Снижение стоимости фундамента (+) 24,9%
4	Стоимость всей несущей стены здания	941 370	665 140,5	Снижение (+) 29,3% стоимости несущей системы
4.1	Удельная стоимость несущей системы на 1 м ² общей площади здания	250,1	176,8	
5	Трудозатраты на возведение каркаса, чел/ч	5 832	2 890	Сокращение трудозатрат, 50,4%
6	Срок строительства каркаса здания, мес	4	3	Увеличение темпа строительства, 33%

Примечание: 1. Общая площадь перекрытия секции (по осям крайних колонн) составляет $A_{ст}=14,7 \times 25,6=376,3 \text{ м}^2$, площадь всех перекрытий и покрытия $A_{tot}=3763,2 \text{ м}^2$; 2. * Вес перекрытий каркаса снижен на 32,5%.

Ниже на рис. 1-3 представлены: план раскладки плит перекрытия, узлы соединения сборных плит перекрытия с колоннами и между собой.

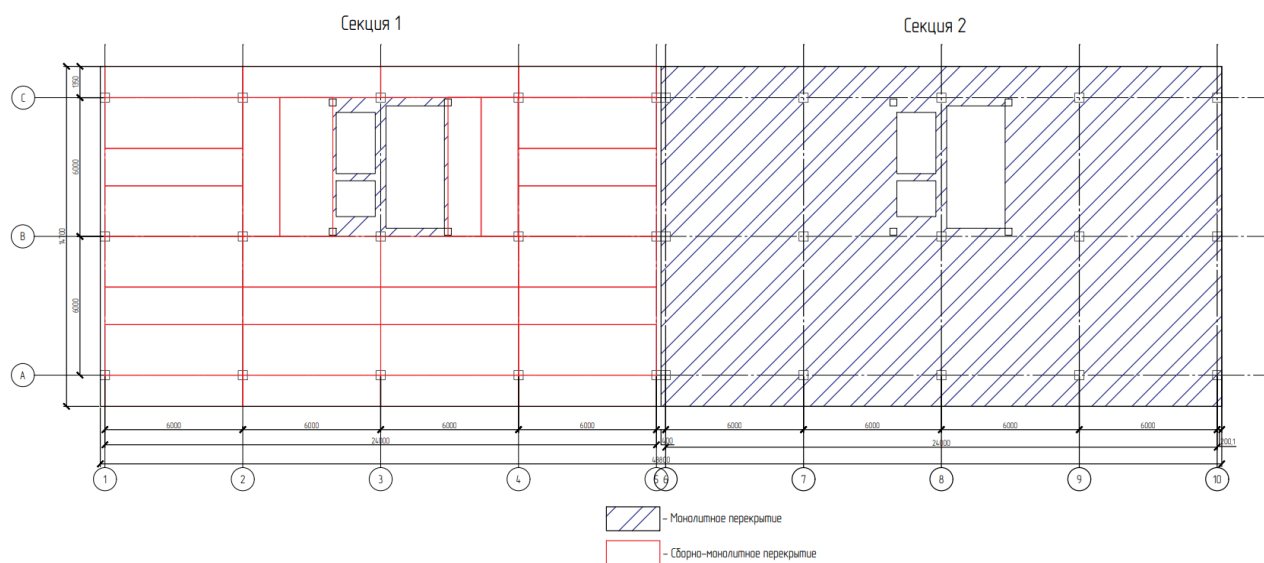


Рис. 1. – План раскладки плит перекрытия

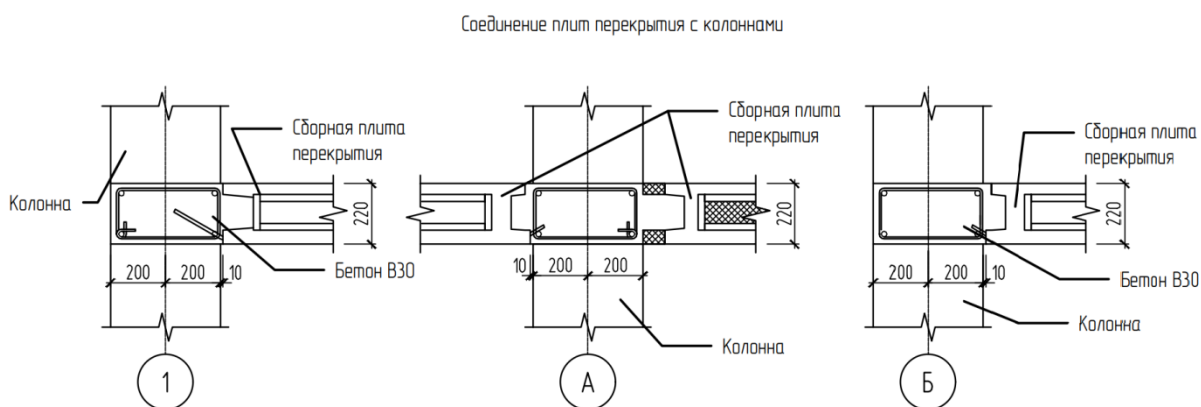


Рис. 2. – Узел соединения сборных плит перекрытия с колоннами

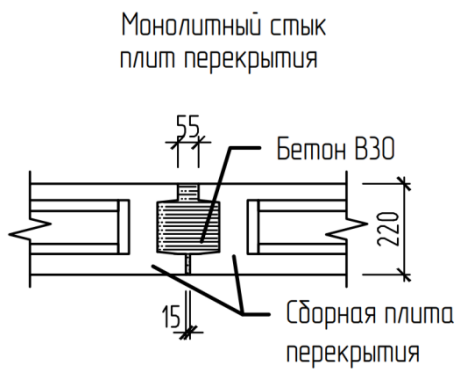


Рис. 3. – Монолитный стык сборных плит перекрытия

Из таблицы 2 видно, что, несмотря на локальное удорожание, вызванное применением сборных колонн, экономичность сборно-монолитного каркаса по всем параметрам превосходит экономичность монолитного каркаса.

Замена монолитного каркаса на сборно-монолитный означает, что существенная часть строительных работ, выполняемых на объекте под открытым небом, перемещена на предприятия сборного железобетона, где они будут выполнены более качественно и с меньшими трудозатратами. Существенно сокращен объем применения дорогой опалубки и поддерживающих устройств, обеспечивая сокращение трудозатрат на строительной площадке и повышение темпа строительства. Экономический анализ показывает, что применение многопустотной сборной плиты снижает вес перекрытия по сравнению с монолитным более чем на 30%.

Литература

1. Соколов В.Д., Трунова Е.С., Птухина И.С. Сравнение монолитного и сборно-монолитного строительства на примере проекта жилого дома с использованием BIM технологий. //Иновации. Наука. Образование, 2021, №33, 1180-1185 с. URL: elibrary.ru/item.asp?id=46168767

2. Шмелев, Г. Д., Фоменко Н.А., Гаврилова В.Н. Сравнительный анализ современных систем возведения зданий гражданского назначения // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2018. № 3(6). С. 9-19. URL: elibrary.ru/item.asp?id=35396264

3. Николаев С.В. Инновационная замена КПД на панельно-монолитное домостроение (ПМД)// Жилищное строительство. 2019, №3., С. 3-10. DOI: doi.org/10.31659/0044-4472-2019-3-3-10

4. Синенко С.А., Титов С.К. Проблемы качества строительного-монтажных работ по возведению несущего каркаса крупнопанельных жилых зданий



серии ПИК // Инженерный вестник Дона. 2021. № 6. URL:
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7017

5. Фиговский О.Л., Футорянский А.М. Возведение многоэтажных зданий с монолитными железобетонными перекрытиями с помощью сборных крупноразмерных пространственных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2740

6. Елюкина, А.Ю., Зонина С.В., Корчагин О.П. Сравнение сборного и монолитного железобетонного перекрытия при строительстве спортивного сооружения // Новая наука: техника и технологии. 2017. № 3. с. 20-23. URL: elibrary.ru/item.asp?id=28799044

7. Gumusburun Ayalp, Gulden, and Ihami Ay. “Model Validation of Factors Limiting the Use of Prefabricated Construction Systems in Turkey.” *Engineering Construction & Architectural Management* (09699988) 28, no. 9 (October 2021): 2610–36. Doi: 10.1108/ECAM-04-2020-0248.

8. Ginevicius, Romualdas, Valentinas Podvezko, and Algirdas Andruskevicius. Quantitative Evaluation of Building Technology. *International Journal of Technology Management* 40, no. 1–3 (December 2007): 192–214. doi:10.1504/IJTM.2007.013534.

9. Ali Katebi, Peyman Homami, Mohammad Najmeddin, «Acceptance model of precast concrete components in building construction based on Technology Acceptance Model (TAM) and Technology, Organization, and Environment (TOE) framework», *Journal of Building Engineering*, Volume 45, 2022, 103518, ISSN 2352-7102, doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103518.

10. Цыгулев Д.В., Куаныш А.К. Усовершенствование технологии сборно-монолитного каркаса для применения в РК // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире*, 2018, Т. 21-1., с. 59-65. URL: elibrary.ru/item.asp?id=32477532

References

1. Sokolov V.D., Trunova E.S., Ptuhina I.S. Innovacii. Nauka. Obrazovanie, 2021, №33, 1180-1185 p. URL: elibrary.ru/item.asp?id=46168767
 2. Shmelev, G. D., Fomenko N.A., Gavrilova V.N. Zhilishhnoe hozjajstvo i kommunal'naja infrastruktura. 2018. № 3(6). pp. 9-19. URL: elibrary.ru/item.asp?id=35396264
 3. Nikolaev S.V. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2019, №3, pp. 3-10. DOI: doi.org/10.31659/0044-4472-2019-3-3-10
 4. Sinenko S.A., Titov S.K. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7017
 5. Figovskij O.L., Futorjanskij A.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 4-2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2014/2740
 6. Eljukina, A. Ju., Zonina S.V., Korchagin O.P. Novaja nauka: tehnika i tehnologii. 2017. № 3. pp. 20-23. URL: elibrary.ru/item.asp?id=28799044
 7. Gumusburun Ayalp, Gulden, and Ilhami Ay. Engineering Construction & Architectural Management (09699988) 28, no. 9 (October 2021): pp. 2610–36. doi:10.1108/ECAM-04-2020-0248.
 8. Ginevicius, Romualdas, Valentinas Podvezko, and Algirdas Andruskevicius. "Quantitative Evaluation of Building Technology." International Journal of Technology Management 40, № 1–3 (December 2007): pp. 192–214. doi:10.1504/IJTM.2007.013534.
 9. Ali Katebi, Peyman Homami, Mohammad Najmeddin Journal of Building Engineering, Volume 45, 2022, 103518, ISSN 2352-7102, doi.org/10.1016/j.jobee.2021.103518.
 10. Cygulev D.V., Kuanysh A.K. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v sovremennom mire, 2018, T. 21-1, pp. 59-65. URL: elibrary.ru/item.asp?id=32477532
-