

# Сопоставление затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий

**Игорь Анатольевич ТЕРНОВСКИЙ**, инженер, генеральный директор, e-mail: igorternovski@gmail.com

ООО Инжиниринговая компания «Пионер», 454000 Челябинск, ул. Кислинская, 99д

**Анатолий Андреевич КАРЯКИН**, кандидат технических наук, профессор, e-mail: karyakinaa41@mail.ru

**Сергей Анатольевич СОНИН**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: sonin22@is74.ru

ГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)», 454080 Челябинск, просп. Ленина, 76

**Геннадий Александрович МОРДИЧ**, инженер, директор, e-mail: gennadiy.mordich@mail.ru

**Ольга Владимировна ЛОЗАКОВИЧ**, инженер, главный конструктор, e-mail: ola.lozakovich@mail.ru

**Александр Иванович МОРДИЧ**, кандидат технических наук, зам. директора, e-mail: alex.mordich@mail.ru

ООО «БЭСТинжиниринг», Республика Беларусь, 220029 Минск, просп. Машерова, 9

***Аннотация.** После разработки и утверждения проектной документации на строительство многоэтажного жилого комплекса в Челябинске заказчик принял решение заменить перекрытия монолитного несущего каркаса на сборно-монолитные перекрытия. После утверждения рабочих чертежей и начала строительства заказчиком было принято новое дополнительное решение – заменить монолитный каркас двухуровневой подземной автопарковки и двухэтажного стилобата на сборно-монолитный каркас. К настоящему времени комплекс с проведенными заменами построен и введен в эксплуатацию. В статье представлен сопоставительный анализ фактических материальных и расчетных трудовых затрат по рабочим чертежам обоих видов несущих конструкций и возможным вариантам их совершенствования, а также приведены причины, побудившие заказчика к замене конструкций. В результате были значительно снижены расход материалов, трудовые затраты и себестоимость строительства в целом. Сделан вывод о том, что для снижения себестоимости строительства жилых и общественных зданий массового назначения их несущие конструкции целесообразно выполнять с максимальным применением индустриальных сборных изделий.*

***Ключевые слова:** монолитные конструкции, сборно-монолитные конструкции, каркас, расход железобетона, расход арматуры, трудовые затраты.*

## COMPARISON OF EXPENSES FOR CONSTRUCTION OF MONOLITHIC AND PREFABRICATED-MONOLITHIC BEARING STRUCTURES OF MULTI-STORY BUILDINGS

**Igor A. TERNOVSKI**, e-mail: igorternovski@gmail.com

Engineering company "Pioneer", ul. Kislinskaya, 99d, Chelyabinsk 454000, Russian Federation

**Anatoly A. KARYAKIN**, e-mail: karyakinaa41@mail.ru

**Sergey A. SONIN**, e-mail: sonin22@is74.ru

South Ural State University (National Research University), prospekt Lenina, 76, Chelyabinsk 454080, Russian Federation

**Gennady A. MORDICH**, e-mail: gennadiy.mordich@mail.ru

**Olga V. LOZAKOVICH**, e-mail: ola.lozakovich@mail.ru

**Alexander I. MORDICH**, e-mail: alex.mordich@mail.ru

BESTengineering, prospekt Masherova, 9, Minsk 220029, Republic of Belarus

***Abstract.** After the development and approval of project documentation for the construction of a 25-storey residential complex (75 m high) in the city of Chelyabinsk, the Pioneer Engineering Company decided to replace the floors of monolithic bearing frame with precast-monolithic floors ARKOS. Working drawings of precast-monolithic floors were developed by Pioneer EC on the recommendations and with the participation of BESTengineering (Minsk, Belarus). After approval of working drawings and the start of construction, the customer made an additional decision to replace the cast-in-place frame of the two-level underground car parking and the two-story stylobate with the precast-monolithic frame ARKOS. To date, the complex with the completed replacements built and put into operation. The article presents a comparative analysis of actual material and estimated labor costs for working drawings of both types of bearing structures and possible options for their improvement, as well as the reasons that prompted the customer to replace the structures. As a result, material consumption, labor costs, and overall construction costs were significantly reduced. It is concluded that in order to reduce the cost of construction of residential and public buildings of mass use, it is advisable to complete their bearing structures with the maximum use of industrial prefabricated products.*

***Key words:** monolithic structures, prefabricated-monolithic structures, frame, consumption of reinforced concrete, rebar consumption, labor expenditures.*

### Введение

Как известно, монолитный железобетонный каркас с плоскими перекрытиями может обеспечивать достаточно высокие потребительские качества многоэтажных зданий. Он позволяет получить объемно-планировочную структуру под заказ потребителя и обеспечить требуемую для городской застройки архитектурно-художественную выразительность здания. Монолитный каркас заманчив также и для подрядчика, поскольку строительство зданий с его применением можно выполнять при минимуме поставщиков, без привлечения базы строительной индустрии. Требуется только арматура, заполнители бетонов или товарная бетонная смесь, комплект опалубки и инвентарные подмости. Для сборки и перестановки подмостей, опалубки, размещения арматурных стержней и укладки бетонной смеси не требуются рабочие высокой квалификации. В силу этих причин строительство многоэтажных зданий с монолитным каркасом в последнее время на территории бывшего СССР получило широкое распространение.

Однако при выполнении практически всех строительных работ на объекте вручную (за исключением перемешивания бетонных смесей, их подачи и укладки), в условиях переменной температуры воздуха и атмосферных осадков, весьма затруднительно обеспечить требуемое качество и высокую производительность труда. Наряду с устройством подмостей и опалубки, трудозатратны также поштучная укладка и фиксация положения стержней рабочей арматуры. По этой причине, по сравнению с теоретической потребностью арматуры, наблюдается ее перерасход. Кроме того, требуются дополнительные



**Рис. 1.** Жилой 25-этажный дом со стилобатом и подземной автостоянкой в Челябинске

затраты на защиту уложенного бетона от замораживания, обезвоживания и др. Увеличивается опасность образования дефектов в монолитной конструкции, вызывающих дополнительные затраты на их устранение. Последнее наиболее характерно для вертикальных несущих элементов каркаса — колонн и стен. Поэтому при проектировании этих элементов даже нормативные документы предусматривают снижение расчетных сопротивлений бетона, увеличивая тем самым их материалоемкость.

Применение сборно-монолитных конструкций позволяет значительную часть строительных работ переместить с объекта в заводские условия и существенно вытеснить из объема несущей системы монолитный бетон, который в минимальном количестве требуется только для обеспечения достаточной жесткости стыков и узлов, а также создания конструктивной целостности всей несущей системы. Он должен обеспечить полное перераспределение усилий между ее

элементами и сечениями под нагрузкой и повышенную несущую способность [1, 2].

Применение сборных изделий в составе несущей конструкции позволяет достичь следующих очевидных преимуществ. Так, изготовление сборных изделий механизировано и менее трудозатратно, чем монолитных на строительной площадке; для всех производственных операций, выполняемых, как правило, в помещениях, может быть налажен должный технологический режим и лабораторный контроль; поставляемые на площадку сборные изделия имеют требуемое гарантированное качество; при заводском формовочном оборудовании изделия могут быть изготовлены из высокопрочных бетонов, что существенно снижает материалоемкость всей несущей системы [3]. И, наконец, укрупненные сборные изделия существенно ускоряют производство работ и сокращают трудозатраты на строительной площадке.

Наличие рабочих чертежей по вариантам несущей системы из монолитного и сборно-монолитного железобетона позволяет подтвердить или опровергнуть высказанные здесь предположения и дать объективную оценку материалоемкости и трудозатратам двух вариантов несущей системы многоэтажного здания на примере 25-этажного жилого комплекса, возведенного в Челябинске с использованием сборно-монолитного каркаса и перекрытий системы АРКОС. Для этого заказчик, разработчики проектной документации и специалисты Центра «Строительство» Южно-Уральского государственного университета на основе данных, содержащихся в рабочих чертежах, выполнили сопоставительный анализ расхода основных материалов и трудозатрат по обоим

**1. Потребность в железобетоне на возведение несущей конструкции 25-этажного здания (над чертой – монолитный вариант, под чертой – сборный)**

Вариант несущей конструкции	Расход на типовой этаж, м <sup>3</sup>			Расход на 1 м <sup>2</sup> перекрытия, м <sup>3</sup>	Расход на 22 этажа (с 3-го по 25-й), м <sup>3</sup>	Сокращение расхода на здание, м <sup>3</sup>
	перекрытие	несущие стены	суммарный			
Монолитный стеновой каркас (вариант I)	<u>168,7</u> —	<u>115,8</u> —	<u>284,5</u> —	<u>0,337</u> —	<u>6259</u> —	—
Монолитные несущие стены и сборно-монолитные перекрытия АРКОС (вариант II)	<u>36,8</u> <u>116</u>	<u>115,8</u> —	<u>152,6</u> <u>116</u>	<u>0,181</u> <u>0,138</u>	<u>3357</u> <u>2552</u>	350
Перекрытия АРКОС и панельные стены (вариант III)	<u>36,8</u> <u>116</u>	<u>9,4</u> <u>94,8</u>	<u>46,2</u> <u>210,8</u>	<u>0,055</u> <u>0,25</u>	<u>1016</u> <u>4638</u>	605

**2. Потребность в металле на возведение несущей конструкции 25-этажного здания**

Вариант несущей конструкции (см. табл. 1)	Расход на типовой этаж (всего/на 1 м <sup>2</sup> ), кг			Расход на 22 этажа (с 3-го по 25-й), т	Сокращение расхода металла	
	перекрытие	несущие стены	суммарный		всего, т	%
Вариант I	<u>17865</u> <u>21,17</u>	<u>13697</u> <u>16,24</u>	<u>31562</u> <u>37,41</u>	694,36	—	—
Вариант II	<u>6829</u> <u>8,1</u>	<u>13697</u> <u>16,24</u>	<u>20526</u> <u>24,33</u>	451,57	<u>242,79*</u> <u>275,89</u>	<u>35*</u> <u>39,7</u>
Вариант III	<u>6829</u> <u>8,1</u>	<u>10960</u> <u>13</u>	<u>17789</u> <u>21,09</u>	391,36	303	43,6

\* В числителе — на 22 этажа, в знаменателе — на все здание.

приведенным типам несущих конструкций и дополнительным вариантам их развития.

Рабочие чертежи сборно-монолитных перекрытий были разработаны инженеринговой компанией «Пионер» по рекомендациям и при участии ООО «БЭСТ-инжиниринг» (г. Минск, Беларусь). Результаты анализа представлены ниже.

### Описание конструкций

Жилой комплекс (рис. 1) включает в себя 25-этажный жилой дом, двухуровневые подземные парковки и двухэтажный надземный стилобат по обе стороны дома.

Первоначально монолитный несущий каркас дома на анализируемых типовых (3-м–25-м) этажах включал в себя (рис. 2) несущие стены толщиной 200 мм и плоские плиты перекрытия такой же толщины на всех этажах

здания. Эти конструктивные элементы запроектированы в монолитном бетоне класса В25. Стены содержат вертикальную и горизонтальную арматуру класса А400, количество которой, как и армирование перекрытий, определено общим КЭ-расчетом несущего каркаса здания. Шаг несущих стен составлял 4,5–6 м.

Однако после разработки и утверждения проектной документации заказчик принял решение заменить монолитные перекрытия всех этажей и покрытие на плоские сборно-монолитные. Перекрытия (рис. 3) образованы сборными многпустотными плитами (МПП) серии 0-455 УралНИИПроект РААСН, опертыми на монолитные стены 1. Конструкция сопряжения плит 2 с несущими стенами представлена в работе [2]. В перекрытиях выполнены монолитные полосовые участки 3, 4 вдоль МПП, в которых были

размещены связевые ригели и/или сквозные проемы для пропуска вертикальных инженерных коммуникаций здания. Монолитные участки перекрытий содержат рабочую арматуру класса А500С. Конструкция несущих стен 1 (см. рис. 3) практически не отличалась от первоначальной. Вертикальная рабочая арматура стен в этом случае является сквозной и проходит между торцами МПП смежных ячеек. Этот вариант несущей системы реализован в рассматриваемом объекте.

Для дополнительного анализа эффективности несущей системы здания в статье также рассмотрен вариант применения на типовых этажах панельных сборно-монолитных стен вместо монолитных (рис. 4). При этом несущие стены могут быть выполнены и сборными панельными. Сборные панели 1 в створе несущей стены установлены с зазо-

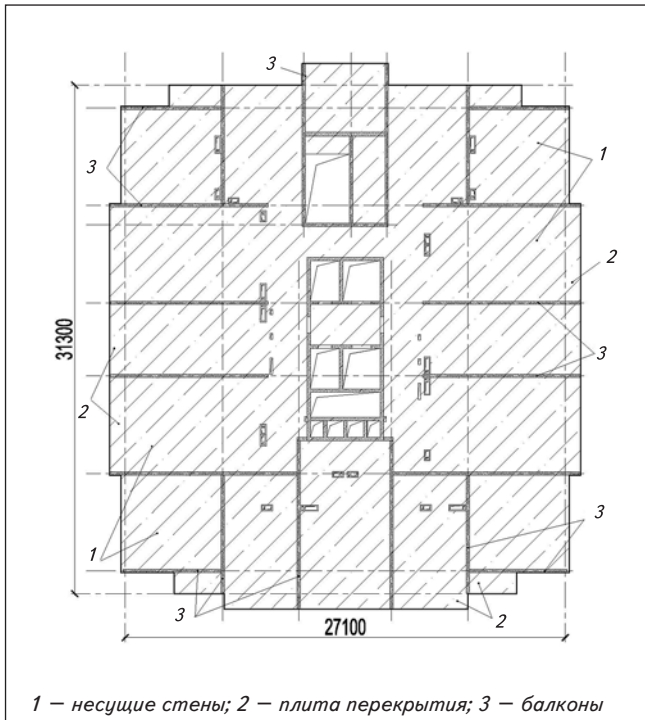


Рис. 2. Размещение конструктивных элементов (план) в несущем каркасе здания

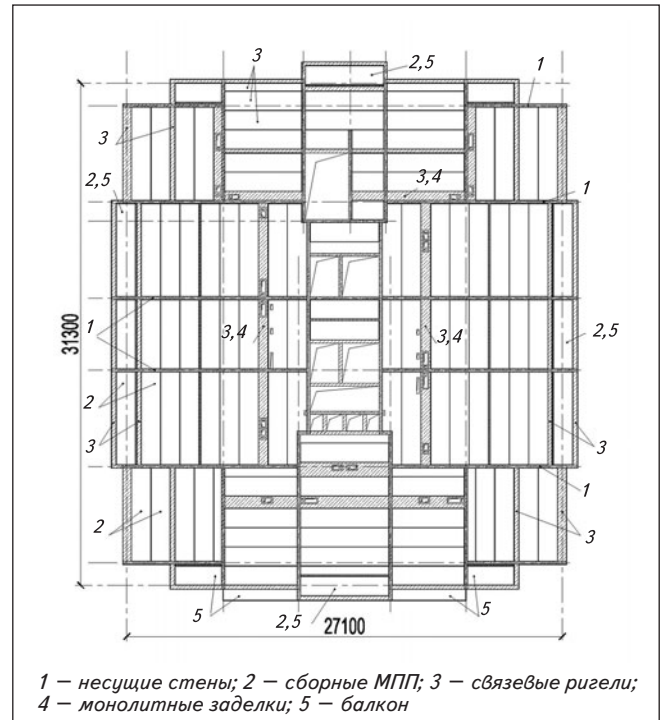


Рис. 3. Конструкция сборно-монолитного диска перекрытия, опертого на монолитные несущие стены

### 3. Трудозатраты на возведение несущей конструкции 25-этажного здания

Вариант несущей конструкции (см. табл. 1)	Трудозатраты на типовой этаж, чел.-дни/чел.-ч						Расход на 22 этажа (с 3-го по 25-й), чел.-дни	Сокращение трудозатрат	
	перекрытие		несущие стены		суммарные			всего, чел.-дни	%
	всего	на 1 м <sup>2</sup> общей площади	всего	на 1 м <sup>2</sup> общей площади	всего	на 1 м <sup>2</sup> общей площади			
Вариант I	233,2 1865,8	0,276 2,21	280,3 2242,1	0,332 2,66	513,5 4017,9	0,609 4,87	11297	—	—
Вариант II	106,3 850,3	0,126 1,01	280,3 2242,1	0,332 2,66	386,6 3092,4	0,458 3,67	8504	2793* 3174	24,7* —
Вариант III	106,3 850,3	0,126 1,01	107,8 862,2	0,128 1,02	214,1 1712,5	0,253 2,03	4709	6587	58,3

\* В числителе — на 22 этажа, в знаменателе — на все здание.

ром на величину вертикальных монолитных заделок 2 на монолитном брусе 3 (скрытом ригеле) диска перекрытия. Вертикальными монолитными заделками из бетона класса В25 панели 1 объединены в единую несущую стену. Монолитные заделки 2 содержат вертикальную арматуру 4, образующую вертикальные сквозные связи стены на всю высоту здания. В монолитном бру-

се 3 диска перекрытия размещена горизонтальная арматура 6, выполняющая функцию сквозных горизонтальных связей перекрытия и предназначенная также для восприятия сдвиговых усилий, возникающих при эксплуатации вдоль вертикальных контактных швов. Вся рабочая арматура монолитных элементов также класса А500С.

Поскольку соотношение меж-

ду расчетными сопротивлениями бетона класса В25 сжатию в монолитной стене ( $R_b = 11,09$  МПа) и бетона класса В30 сборных панелей ( $R_b = 15,3$  МПа) составляет 0,72, для обеспечения эквивалентной несущей способности стены толщина панелей принята равной 180 мм (см. рис. 4), а расход арматуры, по сравнению с монолитной стеной, уменьшен на 20 %.

### Показатели вариантов несущей системы дома

Сопоставление расхода железобетона по представленным вариантам несущей конструкции здания показало (табл. 1), что замена монолитных перекрытий на сборно-монолитные по типовым этажам позволяет заметно (на 350 м<sup>3</sup>) сократить расход железобетона. Этого объема достаточно, чтобы дополнительно возвести один этаж здания.

Если взамен монолитных стен применить панельные сборно-монолитные (или сборные), то объем железобетона по всему зданию может быть сокращен на 605 м<sup>3</sup>.

Замена монолитных перекрытий здания на сборно-монолитные также позволяет заметно сократить потребность в арматуре на его возведение (табл. 2).

Такая замена позволила сократить расход арматуры, приведенной к классу А500С, на 242,79 т на 22 типовых этажах и на 275,89 т — по всему зданию. При сборно-монолитных перекрытиях и панельных стенах экономия металла (арматуры) для типовых этажей достигает 303 т, или 43,6 % расхода металла, требуемого на типовые этажи здания по первоначальному проекту с монолитным несущим каркасом. Совершенно очевидно, что монолитный несущий каркас здания по расходу основных материалов заметно уступает сборно-монолитной конструкции.

Наряду с данными по расходу основных строительных материалов, вызывают интерес сопоставительные данные по трудозатратам на возведение рассматриваемых несущих конструкций здания. В работе [4] убедительно показано, что объективная коли-

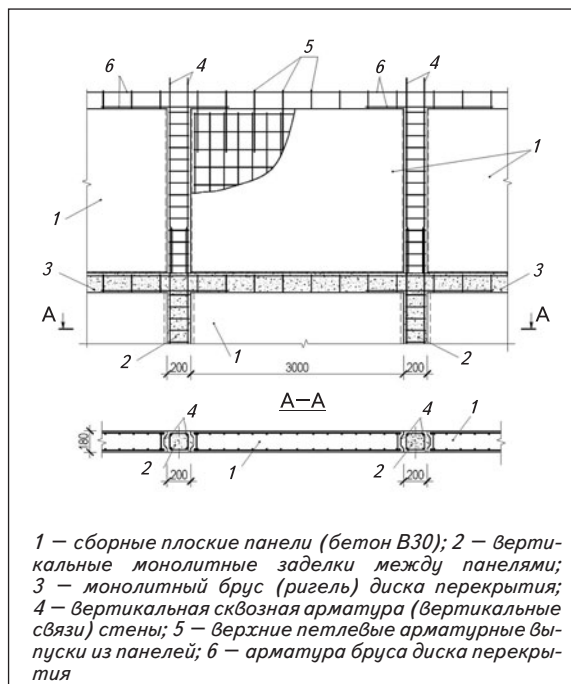


Рис. 4. Конструкция сборно-монолитной несущей стены, принятая в анализе

чественная оценка трудозатрат на устройство рассматриваемых вариантов конструкций может быть получена с использованием ЕНиР\*. По данным авторов [4], эти нормативы с достаточной точностью согласуются с европейскими нормами и выполненным ими хронометражом при производстве работ с применением современных опалубочных комплектов типа «PERI», «DOKA» и др.

Сказанное позволяет применить этот документ для определения трудозатрат на возведение несущих конструкций современных зданий. В табл. 3 представлены результаты расчета трудозатрат по трем рассматриваемым вариантам. При их подсчете учтены все технологические операции, требуемые для возведения каждого типового конструктивного элемента. Для новых конструктивных элементов учтены дополнительные трудовые затраты на их возведение. Так, необходимость устройства заглушек для

образования бетонных шпонок по торцам МПП учтена коэффициентом 1,15 к затратам на их установку в проектное положение. Дополнительной четырехкратной операцией учтены работы по удалению дождевой воды с поверхности сборно-монолитных перекрытий. Для небольших объемов монолитных заделок предусмотрено приготовление бетонных смесей на стройплощадке, подача и укладка их с использованием средств малой механизации.

Установка и снятие обогревающих панелей и электродов для прогрева монолитного бетона при отрицательной температуре воздуха предусмотрена с трудозатратами, равными 0,35 от нормативных, учитывая относительную продолжительность зимы в году. Вместе с тем энергозатраты на обогрев монолитного бетона в расчете не приведены, поскольку они существенно зависят от региона, условий и времени строительства. Однако совершенно очевидно, что они будут наибольшими для монолитных конструкций.

Можно отметить, что представленные в табл. 3 удельные трудозатраты на стройплощадке на 1 м<sup>2</sup> перекрытия вполне согласуются с результатами анализа [5], выполненного ВНИПИ труда для основных конструктивных систем жилых домов. Из приведенных данных можно видеть, что трудозатраты на возведение монолитного перекрытия (233,2 чел.-дня) более чем в 2 раза превышают трудозатраты на устройство сборно-монолитного (106,3 чел.-дня). В целом сокращение трудозатрат на устройство сборно-монолитных перекрытий на 22 ти-

\* ЕНиР. Сб. Е4. Вып. 1. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1987.

**4. Затраты на устройство различных вариантов конструкций покрытия автопарковки (площадь покрытия – 3189,2 м<sup>2</sup>)**

Наименование затрат	Монолитная плита 260 мм (исходный проект)		Варианты сборно-монолитного диска						Основание
			двуслойный, МПП 220 мм (реализация)			однослойный, МПП 260 мм (проект)			
	всего	на 1 м <sup>2</sup> покрытия	всего	на 1 м <sup>2</sup> покрытия	сокращение затрат (расхода), %	всего	на 1 м <sup>2</sup> покрытия	сокращение затрат (расхода), %	
Расход железобетона:									
всего, м <sup>3</sup>	829,2	0,26	760,9	0,238	8,2	614,4	0,193	25,9	Рабочие чертежи
монолитный железобетон (бетон В25), м <sup>3</sup>	829,2		433			241,6			
сборный железобетон (МПП В30), м <sup>3</sup> /шт.	–		<u>327,9</u> 357			<u>372,8</u> 357			
Расход арматуры:									
всего, т (кг/м <sup>2</sup> )	78,26	(24,5)	54,97	(17,2)	29,8	45,94	(14,4)	41,3	То же
в монолитных элементах, т	78,26		39,85			28,55			
в сборных МПП, т	–		15,12			17,39			
Трудозатраты, чел.-ч	7488	2,35	4981	1,56	33,5	4220	1,32	43,6	То же и ЕНиР

повых этажа составило 2793 чел.-дня (практически 1/4 общих трудозатрат на монолитный каркас в пределах высоты типовых этажей), или 3174 чел.-дня на весь дом при замене в нем только перекрытий.

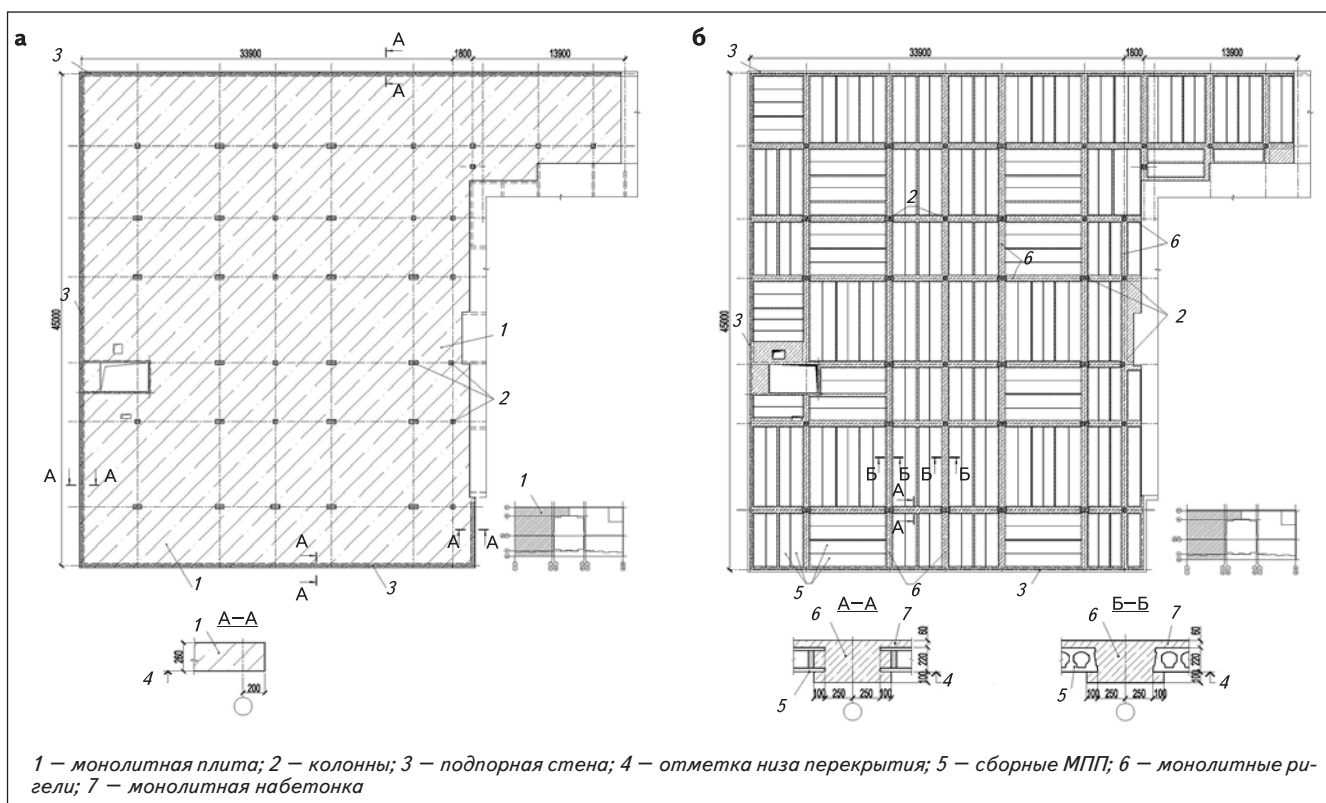
Устройство несущего каркаса здания из сборно-монолитных (или сборных) панельных несущих стен и сборно-монолитных перекрытий взамен монолитного позволяет более чем в 2 раза (на 6587 чел.-дней) сократить трудозатраты на его возведение. Кроме того, рассмотренное сборно-монолитное перекрытие, как показали результаты испытаний [2], при опирании на несущие стены имеет существенные резервы повышения несущей способности. При МПП толщиной 220 мм шаг несущих стен может быть увеличен до 7,5–8,4 м без образования в их пролете трещин при расчетных нагрузках, что открывает большие возможности для обеспечения свободных объемно-планировочных решений. Совершенно очевидно, что, даже без учета дополнитель-

ных энергозатрат на обогрев монолитного бетона и возможных затрат на ремонт поврежденных температурными воздействиями конструктивных элементов этого каркаса, монолитный каркас в нормальных экономических условиях неконкурентен с другими видами несущих систем многоэтажных жилых и общественных зданий. Действительно, как показывает опыт, при налаженном производстве себестоимость строительства каждого квадратного метра общей площади здания с монолитным каркасом на 60–100 USD выше, чем такого же здания со сборно-монолитным каркасом АРКОС за счет различий в материалоемкости, трудозатратах и темпе строительства.

#### Подземная автопарковка и стилобат комплекса

Они были предусмотрены с несущим монолитным рамно-связевым каркасом. Замена монолитных плит перекрытий и покрытия на сборно-монолитные диски представила практический

интерес, поскольку затраты на их устройство в этих частях комплекса являются определяющими. В каркасе (рис. 5а) с переменными размерами сетки колонн (до 7,5×7,8 м) предусмотрены плоские монолитные плиты перекрытия и покрытия толщиной 260 мм из бетона класса В25 с рабочей арматурой класса А400. Примененное вместо него двуслойное сборно-монолитное покрытие (рис. 5б) в нижнем слое содержит сборные плиты той же серии, что и в каркасе жилого дома, МПП установлены плотными группами в ячейках, образованных перекрестными монолитными ригелями. Ригели выпущены книзу на 100 мм относительно МПП, а сверху они выполнены заодно со слоем набетонки толщиной 60 мм. Ригели и набетонка предусмотрены из бетона класса В25, рабочая арматура ригелей класса А500С. Для совместной работы под нагрузкой слой набетонки в каждой ячейке объединен с плитами посредством вертикальных плоских каркасов, выпущенных кверху из



**Рис. 5.** План перекрытия монолитного каркаса (а) и сборно-монолитного перекрытия (б) подземной автостоянки

межплитных швов. В обоих случаях перекрытие (покрытие) по наружному периметру оперто на сплошной выступ из плоскости подпорных стен. От основного здания по его периметру перекрытие по внутреннему контуру отделено температурно-осадочным швом.

Кроме заменяемых вариантов конструкции перекрытия, в технико-экономическом анализе дополнительно рассмотрен вариант однослойного сборно-монолитного перекрытия, образованного МПП толщиной 260 мм и рассчитанного на те же нагрузки и воздействия.

В табл. 4 представлены основные затраты на устройство перекрытия подземной автостоянки жилого комплекса для трех вариантов его конструкции. Из приведенных в табл. 4 данных видно, что применение в конструкции перекрытия из сборных железобетонных изделий

обеспечивает сокращение расхода железобетона и арматуры. Так, в перекрытии с набетонкой расход железобетона был снижен на 68,3 м<sup>3</sup>, а арматуры — на 23,29 т. Очевидное объяснение этого — применение арматуры и бетона повышенной прочности, а также пустотность МПП. Для сопоставления расхода арматуры ее количество в монолитной плите приведено к классу А500С, как и в монолитных ригелях сборно-монолитного перекрытия. Увеличение высоты МПП до 260 мм позволяет отказаться от слоя набетонки и дополнительно сократить расход как бетона (до 23,9 %), так и арматуры (до 41,3 %). Удельный расход арматуры на 1 м<sup>2</sup> площади перекрытия, равный 17,2 кг в конструкции со слоем набетонки, снижен до 14,4 кг в однослойном сборно-монолитном перекрытии.

Использование сборных МПП в составе перекрытия позволило за-

метно сократить трудозатраты на стройплощадке с 2,35 чел.-ч/м<sup>2</sup> для монолитной плиты до 1,56 чел.-ч/м<sup>2</sup> для двухслойного и 1,32 чел.-ч/м<sup>2</sup> для однослойного сборно-монолитного перекрытия. Из приведенных в табл. 4 данных также видно, что для возведения парковок с увеличенным размером сетки колонн целесообразно применять МПП увеличенной толщины (260 мм и более), что позволит дополнительно сократить материалоемкость сооружения, расход арматуры и трудозатрат.

Расчет трудозатрат на устройство рассмотренных в статье конструкций произведен, как сказано выше, согласно ЕНиР. При подсчетах трудозатрат общее количество арматуры класса А400 на монолитную плиту массой 94,368 т (по рабочим чертежам) приведено к арматуре А500С (78,264 т). Количество требуемой опалубки в сборно-монолитных вариантах увеличе-

но (1,1) за счет нахлеста под сборные МПП. Также предусмотрены дополнительные трудозатраты (1,15) на устройство заглушек пустот на торцах МПП и на удаление дождевой воды с поверхности однослойного покрытия.

Поэлементный расчет трудозатрат в настоящей работе, чтобы ее не загромождать деталями, не приведен. По запросу заинтересованных организаций он может быть предоставлен авторами дополнительно.

Проведенный сопоставительный анализ материальных и трудовых затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий убедительно показал, что применение монолитных конструкций вызывает неоправданные материальные и трудовые затраты и, соответственно, увеличение себестоимости жилищного строительства и объектов городской инфраструктуры. Применение монолитных каркасов оправданно только для зданий, к которым предъявлены дополнительные или специфические архитектурные требования, которые в других конструктивных системах осуществить затруднительно.

Таким образом, для строительства доступного массового жилья, в том числе и повышенных потребительских качеств, наиболее целесообразно применение индустриальных конструктивных систем с наибольшим содержанием в них сборных изде-

лий. Такие системы вызывают минимальные затраты на их возведение и обеспечивают высокие темпы строительства.

Любой завод сборного железобетона, развернув самостоятельное строительство жилых и общественных зданий такой системы, может оказать серьезную конкуренцию подрядчикам, ориентированным на применение монолитных каркасов.

### Выводы

Приведенное сопоставление основных технико-экономических показателей монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий по утвержденным рабочим чертежам построенного жилого комплекса позволяет заключить следующее.

1. Замена только монолитных перекрытий 25-этажного здания на сборно-монолитные, образованные многопустотными плитами, обеспечила сокращение расхода арматуры на 35 %, что составило 242,79 т на 22 типовых этажа, или 275,89 т на весь дом, уменьшила потребность в железобетоне на 350 м<sup>3</sup> (объем этажа) и снизила трудозатраты на 24,7 %, или 3174 чел.-дня на возведение всего несущего каркаса.

2. Замена монолитного каркаса здания на сборно-монолитный на типовых (с 3-го по 25-й) этажах позволяет сократить потребность в железобетоне на 605 м<sup>3</sup>, на 43,6 % сократить расход арматуры (303 т на здание) и на

58,3 % (6587 чел.-дней) снизить трудозатраты на возведение несущих конструкций.

3. Замена покрытия монолитного каркаса двухуровневой подземной парковки и двухэтажного стилобата с шагом колонн до 7,5–7,8 м на сборно-монолитное с многопустотными плитами толщиной 220 мм и монолитной набетонкой толщиной 60 мм в перекрытиях позволила сократить на 8,2 % расход железобетона, на 29,8 % (или 23,29 т) расход арматуры и на треть уменьшить трудозатраты на возведение парковки.

4. Применение в сборно-монолитном покрытии автопарковки сборных многопустотных плит толщиной 260 мм позволяет, по сравнению с монолитной плитой, сократить на 23,9 % расход железобетона, на 41,3 % – потребность в арматуре (или 32,32 т) и на 43,6 % снизить трудозатраты на возведение каркаса.

5. Применение монолитных каркасов вызывает дополнительные материальные и трудовые затраты при возведении многоэтажных зданий, что повышает себестоимость строительства жилья, делая сомнительной целесообразность их использования для массового строительства.

6. Для снижения себестоимости строительства жилых и общественных зданий массового назначения их несущие конструкции целесообразно выполнять с максимальным применением индустриальных сборных изделий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Босаков С. В., Мордич А. И., Симбиркин В. Н. К повышению несущей способности и жесткости перекрытий, образованных многопустотными плитами // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 4. С. 30–36.
2. Босаков С. В., Мордич А. И., Карякин А. А. [и др.]. Результаты испытания нагружением сборно-моно-

литного перекрытия, опертого на несущие стены многоэтажного здания // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 2. С. 35–42.

3. FIP. Planning and design handbook on precast building structures [Руководство по планированию и проектированию сборных строительных конструкций]. Berlin-London-New York. 2002. 139 p.



4. Амбарцумян С. А., Мартиросян А. С., Галумян А. В. Нормы выполнения опалубочных работ при скоростном монолитном домостроении // Промышленное и гражданское строительство. 2009. № 2. С. 39–41.
5. Лернер В. И., Хлобостова Е. И., Бояров Л. Я., Егоров В. В. Комплексная трудоемкость возведения жилых зданий различных строительно-конструктивных систем: Обзорная информация. М. : ВНИИС, 1987. Вып. 5. 67 с.

## R E F E R E N C E S

1. Bosakov S.V., Mordich A.I., Simbirkin V. N. About Improving the bearing capacity and rigidity of floors made of hollow-core slabs. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2017, no. 4, pp. 30–36. (In Russian).
2. Bosakov S. V., Mordich A. I., Karyakin A. A. et al. Load test of precast-monolithic floor, supported bearing walls on multi-storey buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2018, no. 2, pp. 35–42 (In Russian).
3. *FIP. Planning and design handbook on precast building structures*. Berlin-London-New York, 2002. 139 p.
4. Ambartsumian S. A., Martirosyan A. S., Galumyan A. V. Standards of formwork at high-speed cast-in place reinforced housing construction. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2009, no. 2, pp. 39–41 (In Russian).
5. Lerner V. I., Khlobostova E. I., Boyarov L. Ya., Egorov V. V. Kompleksnaya trudoemkost' vozvedeniya zhilyh zdaniy razlichnyh stroitel'no-konstruktivnyh sistem: Obzornaya informatsiya [Complex labor-intensiveness of erecting residential buildings of various building-constructive systems. Overview]. Moscow, VNIIS Publ., 1987, vol. 5. 67 p. (In Russian).

Для цитирования: Терновский И. А., Карякин А. А., Сонин С. А., Мордич Г. А., Лозакович О. В., Мордич А. И. Сопоставление затрат на возведение монолитных и сборно-монолитных несущих конструкций многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 1. С. 12–20. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.12-20.

For citation: Ternovski I. A., Karyakin A. A., Sonin S. A., Mordich G. A., Lozakovich O. V., Mordich A. I. Comparison of Expenses for Construction of Monolithic and Prefabricated-Monolithic Bearing Structures of Multi-Storey Buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2020, no. 1, pp. 12–20. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.01.12-20. ■