

УДК 624.012.45:69.032.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СИСТЕМЫ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СБОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

М.А. ПЕНЯЗЬ; Д.А. ПОЗДНЯКОВ

(Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С., Минск)

Рассматривается опыт строительства жилых зданий на основе монолитного каркаса. Представлены результаты исследования и проектирования многоэтажного каркасного здания из монолитного железобетона с заменой колонн, диафрагм жёсткости, лестничных клеток и лифтовых шахт на конструкции из сборного железобетона. Приведены технико-экономические показатели эксперимента. Предложены мероприятия по снижению трудоёмкости, энергоёмкости, материалоемкости и улучшению качества выпускаемых конструкций.

Введение. Строительство жилья является одним из приоритетных направлений государственной политики Республики Беларусь. Строительный комплекс Республики Беларусь интенсивно развивается, о чём свидетельствует постоянный рост объёмов строительства. При этом одним из важнейших факторов повышения эффективности инвестиций, направляемых в жилищное строительство и обеспечивающих дальнейшее увеличение объёмов и повышение качества жилья, является выбор конструктивных систем зданий. При строительстве жилых и общественных зданий нашли широкое применение каркасные конструктивные системы. Применение каркаса позволяет реализовать принцип гибкой планировки квартир и других помещений в жилых домах различной этажности, различной комфортности и обеспечить пластику и динамику решения фасадов. Строительство жилых зданий на основе различных конструктивных систем доказало неоспоримое преимущество каркаса, позволяющего обеспечить объёмно-планировочные решения квартир, блок-секций и жилых домов в целом.

За последнее время построено множество жилых домов различной этажности, комфортности и архитектуры. Практика проектирования и строительства этих домов базировалась как на каркасах из сборного железобетона, так и на каркасе из монолитного железобетона, что позволило выявить преимущества и недостатки при массовом жилищном строительстве каждой из конструктивных систем. Конструктивная схема каркаса монолитного здания состоит из монолитных дисков перекрытий и монолитных вертикальных несущих конструкций: колонн, диафрагм жёсткости, шахт лифтов и лестничных клеток. При строительстве многоэтажных каркасных зданий из монолитного железобетона весьма сложным технологическим процессом является возведение вертикальных несущих конструкций и лестничных маршей с площадками. Между тем следует отметить не вполне удовлетворительное качество монолитных конструкций по сравнению со сборными конструкциями, имеющими систему заводского контроля качества.

Основная часть. В Институте жилища НИПТИС им. Атаева С.С. накоплен огромный опыт по выполнению усиления монолитных конструкций, особенно колонн, из-за различных технологических нарушений. Кроме того, в монолитных зданиях процесс деформирования конструкций каркаса за счёт ползучести бетона, продолжающегося в течение 3...5 лет, приводит к образованию трещин в стенах и перегородках, выполняемых из штучных материалов. Также не решены вопросы контроля качества выполненных работ, а именно: контроля прочности бетона, ухода за бетоном, контроля толщины защитных слоёв и армирования конструкций в целом, что ведёт к снижению надёжности здания. Для набора прочности бетона используется электропрогрев конструкций, причём для достижения необходимой прочности и темпов строительства конструкции должны прогреваться как в зимнее время, так и в тёплый период года. При арматурных работах на строительной площадке только на стыковках арматурных стержней потери могут достигать 5...10 %, а при армировании большими диаметрами (более 28 мм) эти потери могут достигать 10...15 %. Это подтвердил опыт строительства 22-этажного жилого дома в городе Могилёве, где расход арматуры нами тщательно контролировался.

Учитывая перечисленные недостатки монолитного домостроения, с целью уменьшения трудоёмкости, энергоёмкости, материалоемкости и улучшения качества выпускаемых конструкций при возведении «18-этажного монолитного жилого дома в городе Бобруйске» (рис. 1) была произведена замена вертикальных монолитных несущих конструкций на сборные на стадии разработки проекта. Одноподъездный, 18-этажный жилой дом был запроектирован из монолитного железобетона с наружным ограждением из мелкоштучных ячеистых блоков. Совместно с разработчиком проекта ОКУП «Гомельгражданпроект» и РУП ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.» были заменены вертикальные монолитные

конструкции – диафрагмы жёсткости, шахты лифтов, колонны, а также лестничные марши и лестничные площадки на конструкции из сборного железобетона. Были разработаны узлы крепления сборных диафрагм жёсткости к колоннам (рис. 2). Диафрагмы жёсткости и колонны, изготовленные в заводских условиях, имеют бетонную поверхность категории А-3. Армирование диафрагм жёсткости и колонн в заводских условиях позволило выполнять работы с наименьшими трудозатратами и сэкономить до 15 % арматуры. Эффективной оказалась замена монолитных лестничных маршей на сборные, так как бетонирование монолитных лестничных маршей является трудоёмким процессом, выполняется он в течение 3...4 дней. Монтаж сборных лестничных маршей осуществляется в течение 30 минут с показателями высокого качества.



Рис. 1. Общий вид здания



Рис. 2. Крепление сборной панели диафрагмы жёсткости к колоннам

Институтом жилища – НИПТИС им. Атаева С.С., с участием авторов статьи, были разработаны узлы соединения сборных железобетонных колонн с монолитными дисками перекрытия, которые свели сварочные работы до минимума. Конструктивно это представляет собой колонну с анкерами, выпускаемыми из монолитной плиты диска перекрытия, на которые монтируется и крепится при помощи болтового соединения (рис. 3–5) сборная железобетонная колонна.



Рис. 3. Анкерные выпуски из монолитной плиты с креплением к колонне

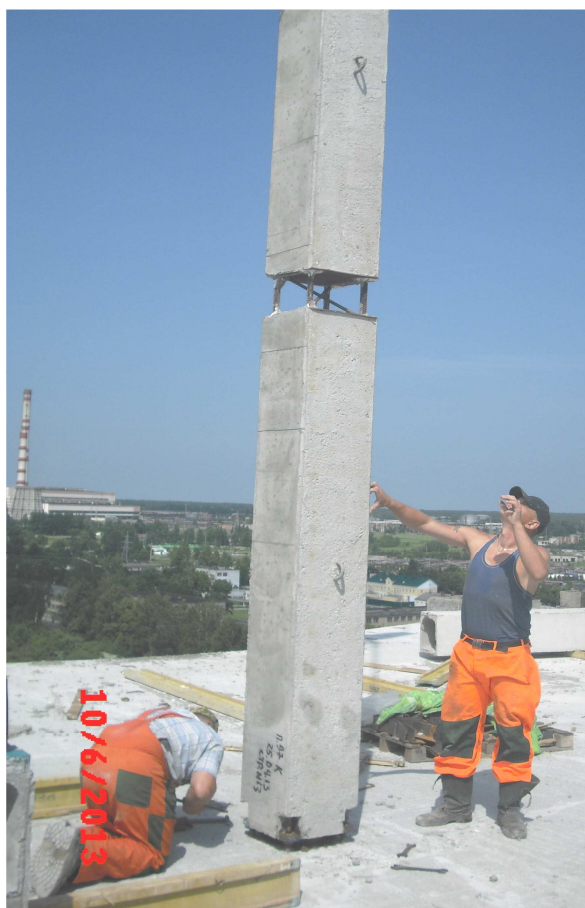


Рис. 4. Монтаж сборной колонны

В качестве исходной базы для технико-экономического анализа были приняты технические решения конструктивных систем проектов, предназначенных для массового жилищного строительства.

Анализ не учитывает следующие условия строительства: инженерную геологию, состояние и перспективы развития производственно-технической базы, объём и структуру строительства, условия ценообразования, а также затраты на отделочные работы и инженерные системы жилых зданий. Анализ проводится на примере следующих конструктивных решений для жилых домов: жилой дом с монолитным

каркасом и монолитными дисками перекрытий и жилой дом со сборным каркасом и монолитными дисками перекрытий. При проведении анализа были использованы объемно-планировочные показатели, представленные в таблице 1.

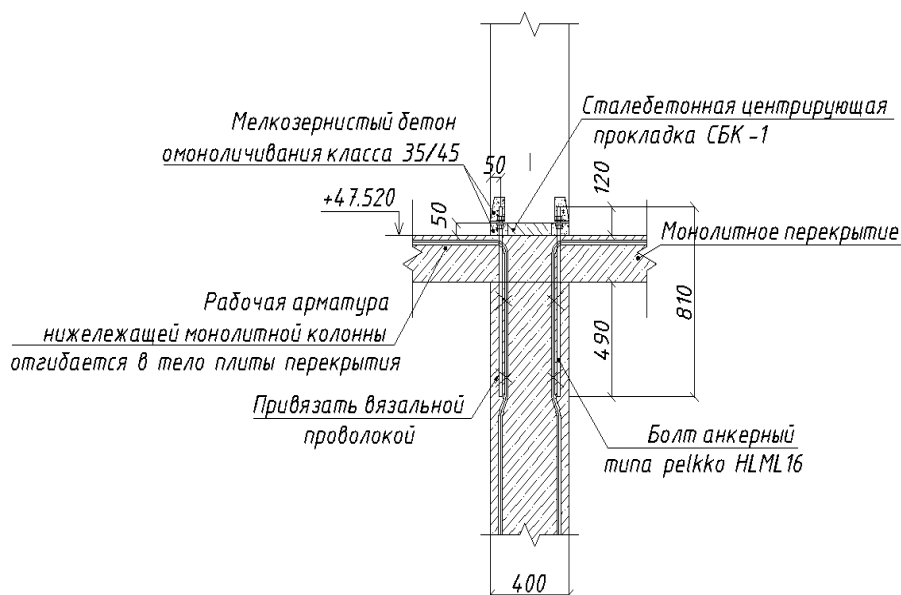


Рис. 5. Узел сопряжения колонны с перекрытием

Таблица 1

Объемно-планировочные показатели проектов жилых домов

№ п/п	Наименование проектов	Площадь жилого здания (м ²)	Общая площадь квартир (м ²)	Строительный объем (м ³)	Этажность
1	Жилой дом с монолитным каркасом	8778,38	6378,15	30941,16	18
2	Жилой дом со сборным каркасом	8778,38	6378,15	30941,16	18

На рисунке 6 и в таблице 2 приведены сравнительные характеристики удельных затрат на общестроительные работы при возведении жилых домов различных конструктивных систем.

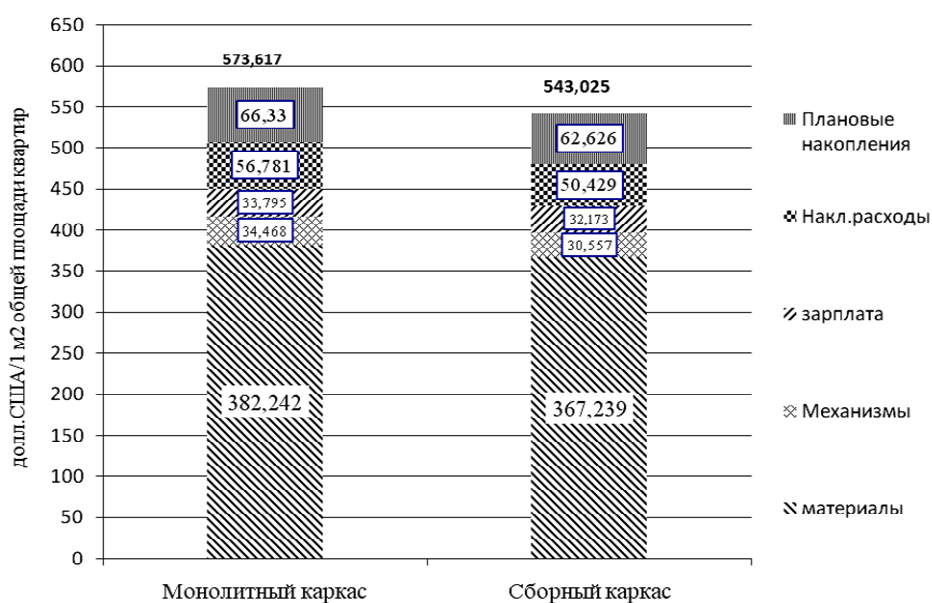


Рис. 6. Удельные технико-экономические показатели при проектировании жилых зданий

Таблица 2

Удельные показатели стоимости общестроительных работ по жилым домам (подземная и надземная часть) в различных конструктивных системах в долларах США на 01.09.2013

Наименование элементов и видов работ	Индекс на 01.09.2013	Жилый дом с монолитным каркасом				Жилый дом со сборными колоннами, лестницами, диафрагмами и шахтами лифтов			
		фундаменты	коробка здания	всего общестроительных работ	сумма на 1 м ² общей площади	фундаменты	коробка здания	всего общестроительных работ	сумма на 1 м ² общей площади
Стоимость материалов, \$	6,1069	340582,624	2097415,481	2437998,104	382,242	340582,624	2001725,754	2342308,378	367,239
Эксплуатация машин, \$	6,3023	32631,831	187211,076	219842,908	34,468	32631,831	162267,486	194899,317	30,557
Зарплата, \$	4,5215	9366,107	206184,901	215551,009	33,795	9366,107	195847,148	205207,255	32,173
Трудозатраты, чел./дн.		5368,000	201904,000	32,497	32,497	5368,000	104990,080	110358,08	17,303
Всего прямых затрат, \$		382580,562	2490811,458	2873392,021	450,506	382580,562	2359834,388	2742414,950	429,970
Накладные расходы, \$	4,8824	17062,476	345095,485	362157,961	56,781	17062,476	304581,085	321643,561	50,429
Плановые накопления, \$	4,6209	19899,044	403163,813	423062,819	66,330	19899,006	379537,857	399436,863	62,626
Всего прямых затрат с НР и ПН, \$		419542,044	3239070,757	3658612,801	573,617	419542,044	3043953,330	3463495,374	543,025
Сумма на 1 м ² общей площади, \$		65,778	507,839	573,617		65,778	477,247	543,025	
НР – накладные расходы; ПН – плановые накопления.									

Примечание. Курс доллара – 9040 белорусских рублей.

Корректировка с учётом продолжительности строительства

Важность показателя «продолжительность строительства» определяется фактом, что этап «строительство» является наиболее длительным во всем инвестиционном процессе по сравнению с проектированием и освоением мощностей.

В настоящее время в Республике Беларусь действует СНиП 1.04.03-85* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», который устанавливает нормативную продолжительность строительства отдельно по типам и видам зданий на основе норм продолжительности строительства, в основу разработки которых положены укрупнённые сетевые и линейные графики производства работ по выбранным объёмам-представителям, имеющим типовые и наиболее экономичные проектные решения.

В случаях различия продолжительности строительства домов разных конструктивных систем учитывается эффект, получаемый от снижения условно-постоянных накладных расходов. Экономический эффект от сокращения продолжительности строительства домов одной строительной системы по сравнению с домами другой определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_y = H \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right),$$

где \mathcal{E}_y – экономический эффект от снижения величины условно-постоянных накладных расходов (долл. США); H – величина условно-постоянных накладных расходов по строительной системе с продолжительностью дома T_1 (в долл. США); T_1 и T_2 – продолжительность строительства по сравниваемым вариантам (соответственно большая и меньшая) (месяц или год).

К условно-постоянным накладным расходам относятся: административно-хозяйственные расходы, расходы по содержанию пожарной и сторожевой охраны, благоустройству строительной площадки, культурным мероприятиям, содержанию лаборатории по испытанию материалов и конструкций и др. Доля условно-постоянных накладных расходов может укрупненно приниматься в размере 50 % общей суммы накладных расходов.

Согласно ПОС 267.08, разработанного ОКУП «Гомельгражданпроект», продолжительность строительства монолитного 18-этажного жилого дома составляет 17 месяцев. Согласно расчёту (табл. 3) срок продолжительности строительства 18-этажного жилого дома со сборным железобетонным каркасом и монолитными дисками перекрытий составляет 13,9 месяца.

Таблица 3

Расчёт экономического эффекта от снижения продолжительности строительства по различным конструктивным системам

Этажность, общая площадь квартир. Экономические показатели	Строительно-конструктивные системы	
	монолитная	сборно-монолитный каркас
18-этажные, 8778,38 м ² (норматив) (мес.)	17,0	13,9
Накладные расходы (долл. США / 1 м ² общей площади)	44,7	39,02
Условно-постоянные расходы (долл. США / 1 м ² общей площади)	22,35	19,51
Экономический эффект от сокращения продолжительности строительства (долл. США / 1 м ² общей площади)	5,73	–

Различие в продолжительности строительства оказывает непосредственное влияние на сроки и размер получения прибыли заказчиком в случае коммерческой реализации построенного жилья, обеспечивая сокращение периода оборачиваемости или возврата вложенных инвестиций. Увеличение продолжительности строительства жилого дома по монолитной конструктивной системе относительно сборно-монолитной на 3,1 мес. приведёт к увеличению затрат на 5,73 долл. США в расчёте на 1 м² общей площади.

Как следует из анализа результатов, приведённых в таблице 2, при замене несущих вертикальных монолитных конструкций на сборные трудоёмкость производства строительных работ сократилось на 52 %. Была посчитана экономическая целесообразность замены несущих монолитных конструкций на сборные. Разница в стоимости одного квадратного метра жилого дома с монолитным каркасом и сборным составила 30,592 долл. США. При общей стоимости строительно-монтажных работ 33 млрд. 73 млн. белорусских рублей на 01.09.2013 экономия составила 1 млрд. 764 млн. белорусских рублей. Общий экономический эффект составил 5,33 % от сметной стоимости строительства.

Сравнение экономической эффективности капитальных вложений в развитие материально-технической базы различных строительно-конструктивных систем

Применение в жилищном строительстве различных конструктивных систем определяет соответствующую технологию и организацию строительства, а вместе с тем использование оборудования различных характеристик как по мощности, сроку полезного использования, так и по стоимости. Сравнение различных вариантов вложения инвестиций основано на современных динамических системах экономической оценки эффективности инвестиций с использованием методов дисконтирования денежных потоков. Окончательный выбор варианта вложения инвестиций производится на основе анализа системы показателей экономической эффективности NPV, IRR, PI, PB.

Приведем укрупненный расчет объема необходимых инвестиций в организацию материально-технической базы, необходимой для ежегодного строительства 400 тыс. м² общей площади жилья (в 2013 г. в целом по республике введено в действие 352,6 тыс. м² общей площади жилых зданий из монолитного бетона и железобетона [1]), в разрезе рассматриваемых конструктивных систем (табл. 4).

Таблица 4

Необходимые инвестиции для организации строительства 400 тыс. м² общей площади жилья в разрезе конструктивных систем

Показатель	Мощность	Стоимость, млн. долл. США	Нормативный период освоения, мес.	Итого, млн. долл. США
<i>Сборно-монолитная строительно-конструктивная система</i>				
1. Приобретение инвентарной опалубки	155 тыс. м ²	38,8	3	38,8
2. Приобретение бетоновозов	90 шт.	15,3	3	15,3
3. Приобретение бетононасосов	53 шт.	32	3	32
4. Приобретение автовозов	17 шт.	1,7	3	1,7
5. Строительство стационарного бетонного завода	200 тыс. м ³ в год	0,8	10	0,8
6. Строительство цеха по производству сборных элементов	45 тыс. м ³ в год	15	12	15
7. Строительство автотранспортного предприятия	150 автомобилей	0,2	15	0,2
Всего				103,8
<i>Монолитная строительно-конструктивная система</i>				
1. Приобретение инвентарной опалубки	180 тыс. м ²	45	3	45
2. Приобретение бетоновозов	106 шт.	18	3	18
3. Приобретение бетононасосов	53 шт.	32	3	32
4. Строительство стационарного бетонного завода	250 тыс. м ³ в год	0,9	10,5	0,9
5. Строительство автотранспортного предприятия	150 автомобилей	0,2	15	0,2
Всего				96,1

Нормативный период освоения инвестиций равен нормативной продолжительности строительства (СНиП 1.04.03-85* «Нормы продолжительности строительства и задела в строительстве предприятий, зданий и сооружений», раздел 14). Стоимость оборудования и заводов принята на основании бизнес-планов заводов-поставщиков оборудования и стоимости строительства аналогичных заводов по мощности. Указанные данные могут меняться со временем, особенно в рыночных условиях, опережающего прогресса отдельных технологий (например, совершенствования технологии монолитного домостроения), изменений стоимости оборудования, рабочей силы, материалов и др.

Затраты на содержание оборудования примем в размере 50 % амортизационных отчислений (табл. 5).

Расчетный срок реализации инвестиционных проектов примем равным максимальному сроку полезного использования оборудования, т.е. 20 лет. Исходя из этого, некоторые виды оборудования потребуют дополнительного приобретения, к примеру, инвентарная опалубка для монолитного домостроения в течение 20 лет потребует 4-х кратного обновления и т.д.

Общий объем инвестиций от применения той или иной конструктивной системы, исходя из срока полезного использования оборудования за 20 лет, представлен в таблице 6.

Обеспечение доходности вложения инвестиций будет производиться за счет прибыли застройщика от реализации жилья. Размер прибыли, получаемой застройщиком от применения при строительстве той или иной конструктивной системы, примем равным 50 % размера от прибыли застройщика при реализации жилья (50 % – усредненная величина затрат на отделочные работы, инженерные разделы и т.д. от стоимости общестроительных работ по подземной и надземной жилой части).

Стоимость реализации жилья по рассматриваемым жилым зданиям составила 852 долл. США за 1 м² общей площади, вне зависимости от конструктивной системы жилого дома. Размер прибыли, получаемой от применения той или иной конструктивной системы, показан в таблице 7.

Таблица 5

Расчет затрат на содержание оборудования (линейный способ начисления амортизации)

Имущество	Стоимость имущества, млн. долл. США	Срок полезного использования, лет	Амортизационные отчисления, тыс. долл. США		Затраты на содержание оборудования, тыс. долл. США	
			в год	в месяц	в год	в месяц
<i>Сборно-монолитная строительно-конструктивная система</i>						
1. Инвентарная опалубка	38,8	5	7760	647	3880	323
2. Бетоновоз	15,3	15	1020	85	510	43
3. Бетононасос	32	15	2133	178	1067	88,9
4. Автовоз	1,7	15	113	9	57	5
5. Стационарный бетонный завод	0,8	20	40	3	20	1,9
6. Цех по производству сборных элементов	15	20	750	63	375	31
7. Автотранспортное предприятие	0,2	20	10	1	5	0,4
Всего	103,8		11826,7	985,6	5913,3	492,8
<i>Монолитная строительно-конструктивная система</i>						
1. Инвентарная опалубка	45	5	9000,0	750,0	4500	375
2. Бетоновоз	18	15	1200,0	100,0	600	50
3. Бетононасос	32	15	2133,3	177,8	1066,65	88,9
4. Стационарный бетонный завод	0,9	20	45,0	3,8	22,5	1,9
5. Автотранспортное предприятие	0,2	20	10,0	0,8	5	0,4
Всего	96,1		12388,3	1032,4	6194,15	516,2

Таблица 6

Необходимый объем инвестирования на протяжении 20 лет

Показатель	Строительно-конструктивные системы	
	сборно-монолитная	монолитная
Первоначальный объем инвестиций в организацию производства, млн. долл. США	103,8	96,1
Общий объем инвестирования на протяжении 20 лет, млн. долл. США	269,2	281,1

Таблица 7

Расчет прибыли от использования конструктивной системы

Показатель	Строительно-конструктивные системы	
	сборно-монолитная	монолитная
Стоимость реализации жилья, долл. США / 1 м ² общей площади	852	852
Прибыль, долл. США / 1 м ² общей площади	308,98	278,38
Прибыль от применения конструктивной системы, долл. США / 1 м ² общей площади	154,49	139,19
Годовой размер прибыли от использования конструктивной системы при ежегодном объеме ввода в действие 400 тыс. м ² общей площади, тыс. долл. США	61796	55676

С учетом всего изложенного продисконтируем денежные потоки по рассматриваемым вариантам, используя норму дисконтирования, равную средней процентной ставке по кредитам в национальной валюте для юридических лиц по состоянию на сентябрь 2014 года – 30,2 % [2]. Результаты расчетов сведем в таблицу 8.

Таблица 8

Результаты расчетов дисконтирования

Показатель	Строительно-конструктивная система	
	сборно-монолитная	монолитная
NPV (чистая приведенная стоимость), млн. долл. США	46,61	33,56
IRR (внутренняя норма рентабельности)	43,95	40,92
PB (срок окупаемости)	47 мес.	51 мес.
PI (индекс доходности)	1,37	1,27

Представим на рисунке 7 NPV¹⁾ по всем рассматриваемым конструктивным системам нарастающим итогом.

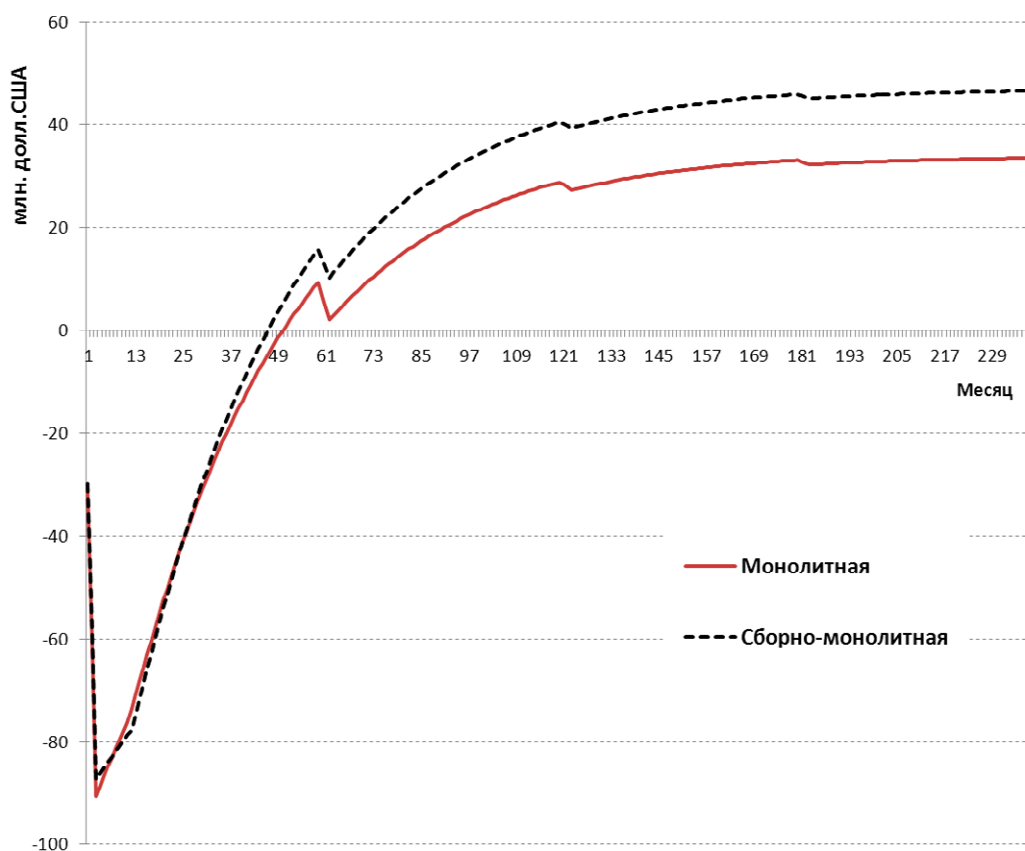


Рис. 7. Чистая приведенная стоимость (NPV) нарастающим итогом, помесечно

Таким образом, сравнение различных вариантов вложения инвестиций в развитие материально-технической базы на основе метода дисконтирования денежных потоков показало:

- показатель внутренней нормы рентабельности свидетельствует о том, при какой норме дисконтирования реализация инвестиционного проекта не обеспечивает ни доходов, ни убытков. В расчете использовалась норма дисконтирования, равная 30,2 % годовых. Наиболее надежным вариантом по данному показателю является проект развития сборно-монолитной строительно-конструктивной системы – норму дисконтирования можно увеличить до уровня 43,95 % годовых, для монолитной системы этот показатель составил 40,92 %;

- индекс доходности представляет собой отношение суммы приведенных доходных потоков за весь период реализации проекта к величине затратных потоков в текущих стоимостях. Наиболее доходным является также вариант развития мощностей по строительству сборно-монолитных зданий – 1,37;

- по дисконтированному сроку окупаемости инвестиций, наиболее предпочтителен вариант также сборно-монолитной конструктивной системы – 3,9 года, для монолитной – 4,25 года;

- показатель чистой приведенной стоимости по данным вариантам свидетельствует о том, что за 20 лет реализации проектов капитальные вложения окупятся и обеспечат потенциальную прибыль от применения при строительстве жилья от 33,56 млн. долл. по монолитной конструктивной системе до 46,61 млн. долл. США по сборно-монолитной в текущем уровне цен.

¹⁾ NPV (чистая приведенная стоимость) – основной показатель оценки эффективности инвестиционного проекта по методу дисконтирования, показывает оценку эффекта от инвестиции, приведенную к настоящему моменту времени с учетом разной временной стоимости денег.

Если NPV больше 0, инвестиция прибыльна, а если NPV меньше 0, инвестиция убыточна. При двух положительных проектах наиболее прибылен тот проект, у которого NPV больше.

Как видно из приведенных расчетов, наиболее предпочтителен вариант развития мощностей по строительству сборно-монолитных зданий.

В заключение приведем основные результирующие показатели рассматриваемых вариантов, представленные в таблице 9.

Таблица 9

Основные результирующие показатели рассматриваемых вариантов

Показатель	Строительно-конструктивная система	
	сборно-монолитная	монолитная
Удельные затраты на общестроительные работы по жилым домам (подземная и надземная жилая часть), долл. США / 1 м ² общей площади	543,025	573,617
Удельные инвестиции ¹⁾ на организацию строительства, долл. США / 1 м ² общей площади	259,5	240,25
Прибыль от использования конструктивной системы ²⁾ , долл. США / 1 м ² общей площади	154,49	139,19
NPV (чистая приведенная стоимость), млн. долл. США	46,61	33,56
IRR (внутренняя норма рентабельности)	43,95	40,92
PB (срок окупаемости)	47 мес.	51 мес.
PI (индекс доходности)	1,37	1,27
Экономическая эффективность вложения инвестиций в развитие мощностей (на основе NPV), раз по отношению к монолитной	1,07	1,00

Примечание. Цветом отмечены наиболее эффективные варианты.

Таким образом, применение сборно-монолитной конструктивной системы в жилищном строительстве с точки зрения предприятия на 7 % эффективнее монолитной. Для конечного потребителя с точки зрения стоимости 1 м² общей площади также более предпочтительным вариантом будет жилой дом, построенный по сборно-монолитной конструктивной системе (так называемая себестоимость общестроительных работ на 5,3 % дешевле построенной по монолитной системе).

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический сборник Жилищное строительство в Республике Беларусь / Нац. статистический комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
2. Бюллетень банковской статистики № 9(183) / Нац. банк Респ. Беларусь. – Минск, 2014.
3. Железобетонные конструкции. Основы теории расчёта и конструирования: учеб. пособие для студ. строит. спец. / под ред. Т.М. Пецольда и В.В. Тура. – Брест: БГТУ, 2003. – 380 с.
4. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-2002. – Введ. 01.07.03. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь: Минсктиппроект, 2003. – 139 с.
5. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Ч. 1-1. Общие правила и правила для зданий: ТКП EN 1992-1-1-2009 – Введ. 01.01.10. – Минск: М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь: Минсктиппроект, 2010. – 207 с.

Поступила 01.12.2014

IMPROVING THE STRUCTURAL SYSTEMS MULTISTORY BUILDINGS OF MONOLITHIC REINFORCED CONCRETE BY APPLYING OF PREFABRICATED STRUCTURES

M. PENYAZ, D. POZDNYAKOV

The results of the study and design of multi-story frame building of monolithic reinforced concrete with replacement of columns, stiffening diaphragms, stairway enclosures and elevator shafts on the precast concrete elements are given. The technical and economic parameters of the experiment and the effectiveness of the material-technical base of precast-monolithic house-building are given.

¹⁾ Из расчета 400 тыс. м² общей площади в год.

²⁾ При стоимости реализации жилья 852 долл. США / 1 м² общей площади.