

Технология и организация строительного производства

УДК 699.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ САМОУПЛОТНЯЮЩИХСЯ БЕТОНОВ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

К.М. Мозгалёв, С.Г. Головнев, Д.А. Мозгалёва

Статья посвящена обоснованию эффективности применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях. По результатам проведенных исследований сделан вывод об эффективности применения самоуплотняющихся бетонов в зимних условиях по сравнению с обычными вибрированными бетонами.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, монолитные конструкции, зимние условия, технико-экономическая эффективность.

В России, как и во многих развитых зарубежных странах, наблюдается непрерывный рост объемов строительства из монолитного бетона и железобетона. С каждым днем становится все более очевидно, что возведение зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона является одним из основных трендов развития промышленного и гражданского строительства.

С целью повышения технико-экономической эффективности инвестиционных строительных проектов, а также обеспечения ускоренных сроков ввода в эксплуатацию объектов капитального строительства появляется необходимость круглогодичного производства работ, в том числе в экстремальных условиях. Несомненно, что это приводит к резкому увеличению объемов зимнего бетонирования.

Благодаря многочисленным исследованиям, проведенным в СССР и России учеными Арбеневым А.С., Гнырей А.И., Киреенко И.А., Красновским Б.М., Крыловым Б.А., Мироновым С.А., Скрамтаевым Б.Г. и другими, заложена методическая основа для разработки организационно-технологических решений ведения работ в условиях отрицательных температур.

При этом под организационно-технологическими решениями понимаются решения по организации строительного производства и технологии строительно-монтажных работ, принятые в организационно-технологической документации.

За последние десятилетия в технологии возведения монолитных железобетонных зданий и сооружений произошли существенные изменения. В частности, широкое распространение бетонных смесей, модифицированных различными добавками, позволило разрабатывать современные ресурсосберегающие экономически эффективные орга-

низационно-технологические решения возведения монолитных зданий в зимних условиях.

Особый интерес представляют самоуплотняющиеся бетоны, которые около десяти лет успешно применяются на строительных объектах развитых зарубежных стран и если не сегодня, то завтра появятся и на стройках нашей страны. Самоуплотняющийся бетон – это бетон из смесей, способных без воздействия на них дополнительной внешней энергии самостоятельно под собственным весом растекаться, сохраняя свою однородность, а также гарантируя полное уплотнение, заполнение опалубочной формы и инкапсуляцию всех арматурных стержней и закладных деталей. Такой бетон имеет преимущества для каждого из участников строительного процесса.

Для инвестора, застройщика, технического заказчика:

- высокие параметры качества и надежности монолитных железобетонных конструкций каркаса здания за счет оптимального соотношения показателей удобоукладываемости бетонной смеси и прочностных характеристик бетона;

- улучшенные показатели экономической эффективности инвестиционного строительного проекта за счет уменьшения стоимости бетонных работ и сокращения сроков строительства.

Для лица, осуществляющего подготовку проектной документации (проектировщика):

- возможность проектирования монолитных железобетонных конструкций, имеющих разнообразные геометрические формы за счет улучшения показателей удобоукладываемости бетонной смеси;

- уменьшение массивности монолитных железобетонных конструкций за счет увеличения прочностных характеристик бетона.

Технология и организация строительного производства

Для лица, осуществляющего строительство (генерального подрядчика, подрядчика, субподрядчика):

– снижение трудоемкости процесса укладки бетонной смеси в опалубку за счет упрощения технологического процесса бетонных работ;

– значительное снижение уровня шума и вибрации, негативно воздействующих на организм человека, при производстве бетонных работ за счет исключения процесса принудительного уплотнения бетонной смеси.

На протяжении более 50 лет одним из основных направлений научно-исследовательской деятельности кафедры «Технология строительного производства» Южно-Уральского государственного университета (национального исследовательского университета) является разработка интенсивных технологий зимнего бетонирования [1]. Начиная с 2010 года, на кафедре выполняются экспериментальные исследования, необходимые для разработки современных научно обоснованных и экономически эффективных организационно-технологических решений, основанных на использовании самоуплотняющихся бетонных смесей при возведении монолитных зданий в зимних условиях [2].

По результатам экспериментального исследования влияния отрицательных температур на физико-механические свойства и структуру самоуплотняющихся бетонов были получены значения минимально допустимой («критической») прочности таких бетонов к моменту замораживания в зависимости от класса по прочности на сжатие или величины проектной прочности (табл. 1).

Под критической прочностью бетона подразумевается такая прочность бетона, после достижения которой замораживание уже не вносит не-

обратимых нарушений в структуру бетона, а замороженный бетон после оттаивания набирает проектную прочность (прочность бетона в возрасте 28 суток, не подвергавшегося замораживанию).

Экспериментально полученное снижение величины минимально допустимой («критической») прочности к моменту замораживания самоуплотняющихся бетонов по сравнению с обычными вибрированными бетонами аналогичного класса по прочности на сжатие объясняется их высокой плотностью и низкой капиллярной пористостью.

На основании анализа результатов проведенных исследований и практического опыта применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий различных архитектурно-планировочных решений, функционального назначения и этажности, можно сделать вывод, что применение самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях позволяет существенно сократить время термообработки, значительно экономя материальные, трудовые, энергетические и финансовые ресурсы (табл. 2).

Очевидно, что принятие конкретных организационно-технологических решений происходит после сравнительной оценки технико-экономических показателей. Поскольку основные организационно-технологические решения напрямую связаны с вложениями денежных средств, то в большинстве случаев они принимаются инвестором, застройщиком или техническим заказчиком в процессе строительства или на этапе подготовки проектной документации.

Поскольку применение самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных конструкций в зимних условиях сопровождается увеличением стоимости бетонной смеси с одновремен-

Таблица 1

Минимально допустимая («критическая») прочность бетонов из самоуплотняющихся смесей к моменту замораживания

Класс бетона по прочности на сжатие	Проектная прочность бетона $R_{пр}$, МПа	Минимально допустимая («критическая») прочность к моменту замораживания, % от $R_{пр}$
V30	42–44	не менее 20
V35	45–50	не менее 18
V40	51–54	не менее 17

Таблица 2

Сравнительные показатели применения самоуплотняющихся бетонов в зимних условиях

№ п/п	Показатель (для бетонных работ)	Изменение показателя применительно для самоуплотняющегося бетона по сравнению с обычным вибрированным бетоном
1	Продолжительность	уменьшение на 15–20 %
2	Трудоемкость	уменьшение на 15–20 %
3	Стоимость материалов	увеличение на 18–23 %
4	Заработная плата	уменьшение на 17–22 %
5	Эксплуатация машин	уменьшение на 10–15 %
6	Постоянные затраты	увеличение на 15–20 %

ным уменьшением стоимости бетонных работ за счёт снижения трудоемкости бетонных работ, следовательно эффект возможно достичь за счет сокращения сроков строительства. Исходя из этого, а также из того, что значительная продолжительность осуществляемых организационно-технологических решений приводит к экономической неравноценности возникающих в процессе реализации инвестиционно-строительного проекта затрат и доходов, провести количественную сравнительную оценку эффективности возможно исключительно с учетом фактора времени, то есть дисконтирования – приведения разновременных финансовых потоков к определенному моменту времени.

Для оценки эффективности организационно-технологических решений разработана методика сравнительной технико-экономической оценки на основе моделирования инвестиционных строительных проектов (рис. 1).

Для оценки организационно-технологических решений приняты следующие основные технико-экономические показатели [3]:

- продолжительность строительства – срок производства строительных работ;
- трудоемкость строительства – затраты труда на производство единицы продукции;
- период окупаемости – период времени, необходимый для того, чтобы доходы, генерируемые инвестициями, покрыли затраты на инвестиции;
- чистый дисконтированный доход – это сумма дисконтированных значений денежных потоков, приведенных к сегодняшнему дню.
- индекс прибыльности – отношение приведенной стоимости будущих денежных потоков от реализации инвестиционного проекта к приведенной стоимости первоначальных инвестиций.

Практическая реализация разработанной методики в большинстве случаев возможна только посредством создания компьютерных имитационных моделей инвестиционно-строительных проектов с использованием современных систем управления проектами. На российском рынке в настоя-

щее время наиболее популярными являются следующие программные комплексы: Project Expert, Microsoft Project, Spider Project, Primavera. Безусловно, каждый имеет свои достоинства и недостатки. По результатам анализа каждого, был сделан вывод, что для наиболее качественной, полной и всесторонней оценки организационно-технологических решений удобен программный комплекс Project Expert, имеющий ряд преимуществ, таких как: возможность моделирования налоговых платежей, финансирования в ходе реализации проекта, визуализации денежных потоков для оценки финансовой реализуемости проекта и так далее.

Оценка эффективности применения самоуплотняющихся бетонов выполнена на примере 10-этажного монолитного жилого дома в городе Челябинске. Для этого разработаны компьютерные имитационные модели инвестиционных строительных проектов в программном комплексе Project Expert с учетом применения самоуплотняющегося бетона (рис. 2, а) и обычного вибрированного бетона (рис. 2, б) и рассчитаны показатели технико-экономической эффективности (рис. 3).

Анализируя данные, представленные на рис. 3, можно сделать вывод, что применение самоуплотняющихся бетонов в зимних условиях по сравнению с обычными вибрированными бетонами, несмотря на их сравнительно высокую стоимость, позволяют улучшить основные показатели технико-экономической эффективности инвестиционных строительных проектов, а именно: уменьшить сроки и трудоемкость строительства на 16 %, уменьшить период окупаемости на 14 %, увеличить чистый дисконтированный доход на 15 %, увеличить индекс прибыльности на 7 %. Это происходит за счет уменьшения сроков реализации инвестиционных строительных проектов, постоянных издержек строительства и более ранних поступлений притоков денежных средств от продажи квартир с учетом финансовой реализуемости инвестиционного строительного проекта.

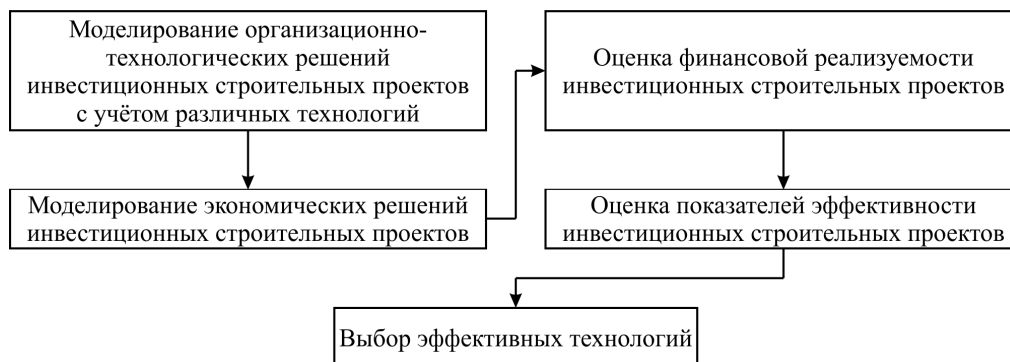
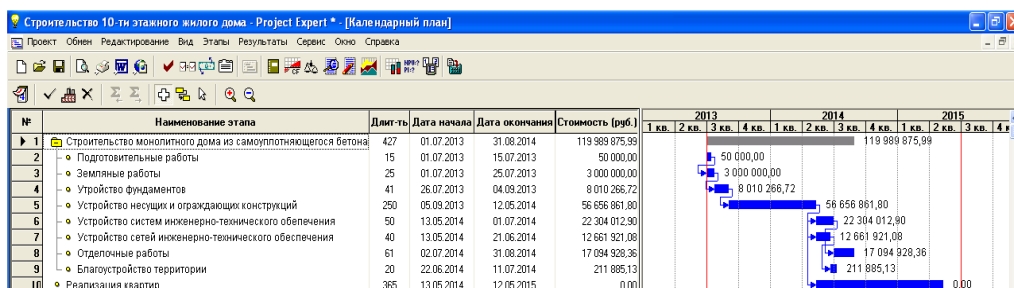
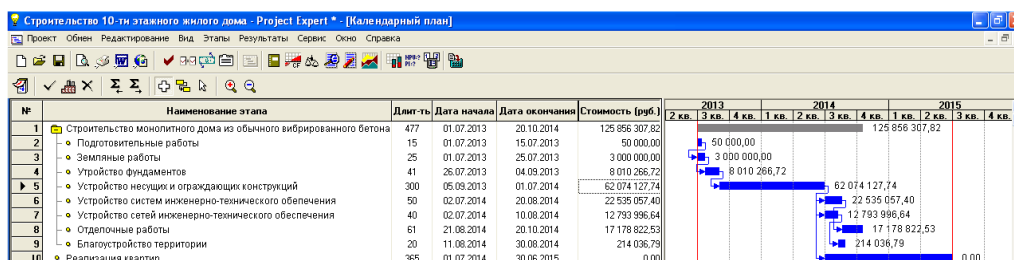


Рис. 1. Схема оценки технико-экономической эффективности организационно-технологических решений



а)



б)

Рис. 2. Компьютерные имитационные модели инвестиционных строительных проектов: а – с применением самоуплотняющегося бетона; б – с применением обычного вибрированного бетона

Показатель	Рубли	Доллар
Ставка дисконтирования, %	17,00	0,00
Период окупаемости - РВ, мес.	18	18
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	19	18
Средняя норма рентабельности - ARR, %	83,67	83,71
Чистый приведенный доход - NPV	40 742 525	2 123 937
Индекс прибыльности - PI	1,45	1,67
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	76,04	76,14
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	40,09	29,39

а)

Показатель	Рубли	Доллар
Ставка дисконтирования, %	17,00	0,00
Период окупаемости - РВ, мес.	21	21
Дисконтированный период окупаемости - DPB, мес.	21	21
Средняя норма рентабельности - ARR, %	78,99	79,02
Чистый приведенный доход - NPV	34 693 321	2 072 249
Индекс прибыльности - PI	1,34	1,58
Внутренняя норма рентабельности - IRR, %	55,43	55,49
Модифицированная внутренняя норма рентабельности - MIRR, %	34,74	25,71

б)

Рис. 3. Показатели технико-экономической эффективности инвестиционных строительных проектов: а – с применением самоуплотняющегося бетона; б – с применением обычного вибрированного бетона

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод об эффективности применения самоуплотняющихся бетонов по сравнению с обычными вибрированными бетонами при возведении монолитных зданий в зимних условиях.

Литература

1. Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор мето-

дов / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.

2. Мозгалёв, К.М. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства / К.М. Мозгалёв, С.Г. Головнев // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2011. – Вып. 4. – С. 70–74.

3. Мазур, И.И. Управление проектами: учебное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро, Н.Г. Ольдерогге. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.

Мозгалёв Кирилл Михайлович, ассистент кафедры «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), 2679183@mail.ru.

Головнев Станислав Георгиевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, заведующий кафедрой «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), 2679183@mail.ru.

Мозгалёва Дарья Андреевна, магистрант кафедры «Технология строительного производства», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), 2679183@mail.ru.

Поступила в редакцию 13 сентября 2013 г.

EFFICIENCY OF SELF-COMPACTING CONCRETE USE DURING THE CONSTRUCTION OF MONOLITHIC BUILDINGS IN WINTER CONDITIONS

K.M. Mozgalev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, 2679183@mail.ru

S.G. Golovnev, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, 2679183@mail.ru

D.A. Mozgaleva, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, 2679183@mail.ru

The article is devoted to the justification of self-compacting concrete use efficiency during the construction of monolithic buildings in winter conditions. Self-compacting concrete and conventional vibrated concrete are compared. On the basis of the research results it's concluded about the efficiency of self-compacting concrete use in winter conditions.

Keywords: self-compacting concrete, monolithic constructions, winter conditions, technical and economic efficiency.

References

1. Golovnev S.G. The Winter Concreting Technology. The Parameters Optimization and Choice of Ways. [*Tehnologija zimnego betonirovanija. Optimizacija parametrov i izbor metodov*]. Chelyabinsk, SUSU Publ., 1999, 156 p.
2. Mozgalev K.M., Golovnev S.G. Self-compacting Concrete: Possibilities of Application and Properties [*Samouplotnjajushiesja betony: vozmozhnosti primenenija i svojstva*]. *Akademicheskij vestnik UralNIiproekt RAASN*, 2011, no. 4, pp. 70–74.
3. Mazur I.I., Shapiro V.D., Olderogge N.G. Project Management [*Upravlenie proektami*]. Moscow, Omega-L Publ, 2004, 664 p.

Received 13 September 2013