

Заключение. Предположенные расчетные процедуры, основанные на использовании блочной модели, позволяют не только выявить характер разрушения элементов со смешанным армированием, в которых напрягающая арматура не имеет сцепления с бетоном, но и обоснованно определить приращение напряжений в арматуре без сцепления в предельной стадии. При этом, сформированы требования, в соответствии с которыми может быть назначен минимальный коэффициент армирования традиционной арматурой, исходя из нормируемого расстояния между трещинами ($S_m \leq h$).

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, П.И. Разработка методов расчета и проектирование железобетонных конструкций // В кн.: Известия ВНИИГ. – 1960. – Т. 64.
2. Васильев, П.И. Рекомендации по расчету предварительно напряженных изгибаемых элементов без сцепления арматуры с бетоном / П.И. Васильев, А.С. Залесов, О.А. Рочняк, Л.В. Образцов, В.Н. Деркач – Москва-Санкт-Петербург-Брест, 1993.
3. Мордич, А.И. Проект «Пособия по проектированию железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном» (к СНиП 2.03.01.84*). – Мн.: Издание официальное, 1999.
4. Образцов, О.Л. Прочность комбинированно предварительно напряженных элементов без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном при действии изгибающих моментов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Брест, 2002.
5. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования: СНБ 5.03.01 – Мн.: Стройтехнорм, 2002. – 274с.
6. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования: СНиП 2.03.01-84. – Взамен СНиП II-21-75; Введ. 01.01.86. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 79с.
7. Титус, В.Б. О расчете предварительно напряженных изгибаемых элементов без сцепления арматуры с бетоном. Библиографический указатель депонированных рукописей. – Выпуск 3, 1980.
8. Проектирование железобетонных конструкций без сцепления арматуры с бетоном: ТКП/ОР/45-5.01-2006.
9. Тур, В.В. Особенности проектирования монолитных плоских плит перекрытий, предварительно напряженных в построечных условиях / В.В. Тур, С.А. Карабанюк // Строительная наука и техника. – 2008. – № 1(16) – С. 19-34.
10. Хачатрян, А.И. Предварительное напряжение безбалочных перекрытий зданий с напрягаемой арматурой, не имеющей сцепления с бетоном. Межвузовский сб. науч. тр. / ЕрПИ. Серия XII.В. Выпуск V. Строительство и архитектура. – Ереван, 1978. – С. 100–104.
11. ACI 318-95. Design of Concrete and Prestressed Structures.
12. EN 1992-1-1:2004 Eurocode2: Design of Concrete Structures – Part1-1: General rules and rules for building.
13. Polish Standard: PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, zelbetowe i sprezone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
14. Politalski W. Stress increment in unbonded tendons due to the third-point loading of a prestressed concrete slab.
15. VSL Report series/ Post-Tensioned slabs.- VSL International LTD.
16. Design of Prestressed Concrete flat slabs / The South African Institution of Civil Engineering – ISBN – 0 – 620 – 17667-9, Report № 2.
17. Kwak H. G., Song J-Y. Cracking analysis of RC members using polynomial strain distribution function// Engineering Structures, 24 (2002) – p.455-468.
18. Драган, А.В. Трещиностойкость железобетонных элементов при действии осевых растягивающих усилий: дисс. канд. техн. наук. 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения" – Брест, 2008. – 167 с.

08.02.10

TUR S.A. Theoretical bases of account increment of pressure in the strained fixture in a post – intense elements with mixed armoring

In clause the theoretical approaches to account a post of the intense designs with mixed armoring are submitted. In a basis the block model of ferro-concrete is accepted, within the framework of which the balance of the block allocated with normal cracks is considered. The accepted approach is justified, and his development in view of a picture formation of cracks to allow further to decide a number of the important tasks, including an establishment of the minimal contents of the fixture having coupling with concrete.

693.547.32

. .

Введение. В последнее десятилетие в строительстве наметилась тенденция более широкого использования монолитного бетона. Наряду с рядом положительных качеств при использовании монолитного бетона в процессе производства строительно-монтажных работ возникают проблемы, связанные с расходом энергоресурсов. Дополнительный расход энергоресурсов возникает при необходимости ускорения процесса твердения бетона, а также при выполнении монолитных работ в зимнее время в условиях отрицательной температуры воздуха. Особенно это актуально для зимних условий, когда температура воздуха снижается ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в монолитных конструкциях, какими являются несущие каркасы многих зданий и сооружений (рис. 1 и 2).

Помимо известных разработок ЦНИИОМТП, НИИЖБ и других [1, 16], были проведены глубокие исследования по термообработке таких конструкций с использованием греющих изолированных электропроводов [2, 17]. Экспериментально-практическая работа проводилась на объектах г. Минска и г. Бреста. Процессы технологического обеспечения обогрева и выдерживания бетона относятся к основной группе работ по изготовлению монолитных железобетонных конструкций и во многом определяют их конечные свойства и общее

качество возводимых зданий и сооружений по критериям долговечности и надежности. Собранные по результатам производственных исследований данные, на объектах возводимых различными строительными организациями позволяют осуществить разработку методики расчета и проектирования термообработки бетона зимой в массивных монолитных конструкциях при низких температурах окружающей среды (до -25°C).

Поскольку ни один процесс не может функционировать без принятия решений, ни одна система не может выжить, если не сумеет создать высокоэффективного механизма сбора, обработки, передачи и использования информации. Сфера строительства в этом отношении не исключение, поэтому применение передового программного обеспечения просто жизненно необходимо каждому строительному предприятию. Результат проведенных производственных исследований с применением автоматизированной технологии термообработки бетона – получение к окончанию процесса тепловой обработки бетона, обладающего заданными характеристиками, а также данных, корректирующих значения переменных принимаемых по номограммам, разработанным для типовых технологических карт, что обеспечило сокращение сроков строительства, сниже-

Кривицкая Тамара Васильевна, инженер, аспирант Белорусского национального технического университета. Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.

ние затраты и улучшение качества конструкций.

В статье приводятся результаты исследований в этом направлении и применения их на практике.

Эффективные режимы прогрева бетона в монолитных конструкциях, возводимых зимой. При выполнении монолитных работ в зимних условиях возникают большие сложности. Главная проблема – замерзание несвязанной воды затворения в начальный период структурообразования бетона. Основной задачей производства бетонных работ в зимних условиях является обеспечение надлежащих температурных условий выдерживания бетона и сокращение сроков набора им необходимой прочности. Бетонирование при отрицательных температурах требует применения специальных способов приготовления, подачи, укладки и выдерживания бетона. Выбор технологии зимнего бетонирования осуществляется с учетом особенностей конструкций, температурных условий и сроков бетонирования.

В строительных организациях РБ при устройстве массивных монолитных конструкций используются различные способы тепловой обработки. Наибольшее распространение получили следующие методы: метод термоса, противоморозные добавки и ускорители твердения, предварительный разогрев бетонной смеси перед укладкой в опалубку, обогрев бетона монолитных конструкций нагревательными проводами, применение "теплого" бетона, термоопалубка (греющие опалубки), индукционный прогрев.

Рассматривая зимнее бетонирование, следует отметить, что каждый из методов прогрева бетона сам по себе или в комбинации с другими позволяет вести бетонные работы при различной температуре окружающей среды. Каждый из используемых в республике методов имеет свои преимущества и недостатки. Известно, что при температуре среды ниже +5 °С твердение бетона замедляется, а при 0 °С и ниже совсем прекращается и он замерзает [13, 10]. Поэтому необходимо принимать особые меры по утеплению опалубок и открытых бетонных поверхностей или использовать противоморозные и ускоряющие твердение добавки, выдерживая бетон по методу "термос" [12]. Здесь этот метод вне конкуренции среди других. Однако, с понижением температуры среды ниже -5 °С ÷ -10 °С, требуемая технологическая прочность, при этом способе выдерживания, не достигается и не обеспечивается ускорение темпов работ [10].

Отсюда возникает необходимость прогрева бетона путем применения соответствующих методов термообработки, которые позволяют в зимнее время, не снижая интенсивности производства работ, ускорять общий срок строительства объектов [10]. Способ электродного прогрева доступен для самых различных конструкций и производственных условий [11, 5]. Однако в немассивных конструкциях, к которым относятся несущие каркасы и конструкции зданий, насыщенных арматурой (до 300 кг/м³), применение этого метода затрудняется из-за возможных электрических замыканий электродов на арматуру и образования деструктивных процессов в бетоне при термообработке. Многие другие методы прогрева бетона из-за повышенных затрат на электроэнергию и увеличения стоимости, являются тоже мало приемлемыми. Поэтому при проведении ряда исследований и разработок, касающихся производства бетонных работ в зимний период, было установлено, что есть возможность технологического совершенствования метода прогрева с использованием греющих электропроводов, и метода прогрева с добавками, которые целесообразно применять и в условиях пониженных температур наружного воздуха от -5 °С до -25 °С в немассивных конструкциях, насыщенных арматурой [11, 12, 2]. Расчеты сравнены с экспериментально-производственными данными термообработки, в которых учтено влияние притока тепла выделяемого в результате гидратации цемента, Q [1, 4], а также потери за счет испарения и теплопроводности через опалубку в стационарном режиме [7]. В результате многочисленных расчетов тепло- и электротехнических данных и натурных опытов, проведенных с точными инструментальными замерами, определены надежные показатели для проектирования прогрева бетона в монолитных конструкциях, как при подготовке к

производству (в ППР), так и в оперативном режиме по ускоренному варианту расчета.

Пытаясь упростить известные методики расчетов и проектирования [1, 16], моменты экспериментального прогрева отнесены к случаям, когда исключена возможность применения термосных методов при температурах наружного воздуха -10° ÷ -20°С. При этом учтен достигнутый технический уровень технологии подачи бетонной смеси (краны и бетононасосы), промышленные опалубочные системы на основе ламината и влагостойкой фанеры в металлических каркасах.



Рис. 1. Монолитный железобетонный каркас



Рис. 2. Раскладка греющего провода и очистка опалубки

В результате учета теплотеря бетонной смесью на нагрев опалубки, арматуры, а также за счет испарения влаги, остывания при укладке и выдерживании бетона в период изотермического прогрева до получения прочности, определены требуемые энергетические мощности для компенсации потерь и прогрева бетона в различных видах основных конструкций (таблица 1). Все это сделано на основе существующих положений, законов теплотехники и сравнений с производственными реальными значениями.

Имея такие обобщенные данные, не составляло большого труда при проектировании определить длину греющего провода и заранее подобрать их мощности по данным таблицы 2. Практически при расчетах это можно определить из выражения:

$$\ell = \frac{P}{\rho \cdot \tau}, \quad (1)$$

где P – требуемая мощность, кВт;

ρ – удельная мощность провода, Вт/м;

τ – время подъема температуры, час.

Таблица 1. Расчет мощности по элементам

Размер элемента			Затраты тепла (энергии) на подъем температуры одной конструкции			Мощность в зависимости от времени подъема температуры			
Высота B , м	Толщина T , м	Длина L , м	кДж	ккал	кВт час	3 час.	4 час.	5 час.	6 час.
						кВт			
колонны									
0,4	0,4	3,1	97830	23265	27,3	9,1	6,8	5,5	4,5
0,2	0,2	2,0	19073	4555	5,32	1,8	1,3	1,1	0,9
0,4	0,5	4,5	173217	41370	48,3	16,1	12,1	9,7	8,1
0,3	0,4	3,5	85500	20420	23,85	7,9	6,0	4,8	4,0
0,3	0,3	3,0	56856	13579	15,56	5,3	3,0	3,2	2,6
балки									
0,2	0,3	6,0	105537	25206	29,4	9,8	7,4	5,9	4,9
0,3	0,4	3,0	113693	27154	31,7	10,6	7,9	6,3	5,3
0,4	0,52	4,8	357196	85311	99,6	33,2	25,0	20,0	16,6
0,4	0,6	6,0	493125	117755	137,6	45,9	34,3	27,5	23,0
0,36	0,9	6,0	592756	141571	165,4	55,1	41,3	33,1	27,6
плиты перекрытия									
6,0	6,0	0,08	824860	197005	230	76,7	57,5	46,0	38,4
6,0	6,0	0,2	1929404	460808	538	179,4	134,6	107,7	90,0
6,0	6,0	0,26	3315069	791753	924	308,3	231,2	185,0	154,1
4,0	6,0	0,1	754302	180153	210	70,1	52,6	42,1	35,1
2,0	4,0	0,12	297194	70980	83	27,6	20,7	16,5	13,8

Таблица 2. Параметры греющих проводников пригодных для температурных режимов от 40 до 80 °С и их взаимосвязь

Длина, l , м	Сопротивление, R , Ом	Мощность проводника, P , Вт	Удельная мощность, Вт/м	Температура нагрева, t , °С
Напряжение 42 В, $\rho = 0,14$ Ом/м				
22,0	3,08	572,73	26,03	80,1
24,0	3,36	525,00	21,88	69,9
25,0	3,50	504,00	20,16	55,0
26,0	3,64	484,62	18,64	62,8
27,5	3,85	458,18	16,66	58,2
29,0	4,06	434,48	14,98	51,8
32,0	4,48	393,75	12,30	42,7
35,0	4,90	360,00	10,29	40,3
Напряжение 60 В, $\rho = 0,14$ Ом/м				
32,0	4,48	803,57	25,11	78,3
35,0	4,90	734,69	20,99	67,6
37,0	5,18	694,98	18,78	61,4
41,0	5,74	627,18	15,30	53,0
43,0	6,02	598,01	13,91	49,4
48,0	6,72	535,71	11,16	44,2
51,0	7,14	504,20	9,89	41,4

Размещались провода исходя из конфигурации конструкций, однако шаг их раскладки осуществлялся через 20–25 см. При возможных отклонениях принимались меры регулирования путем изменения напряжения тока на низкой стороне трансформаторов, которые выпускаются в Республике Беларусь с автоматизацией такой возможности.

Продолжительность необходимого прогрева зависит от требуемой прочности бетона на период к распалубке и температуры прогрева, что удачно решено в Рекомендациях ЦНИИОМТП [16]. Однако при проверках получилось некоторое несовпадение результатов по применяемым и выпускаемым цементам в Белоруссии. Частично все это отрегулировано и разработано для зимних условий при возведении монолитных конструкций в Республике Беларусь [17]. Например, для рассматриваемой плиты перекрытия, достижение 70 % прочности бетона, как в практическом исполнении, так и расчетном, определилось продолжительностью прогрева в 32 часа с невысокими расходами электроэнергии.

Учитывая общую сложность определения всех параметров для этого принят процесс их моделирования и целесообразность создания модели электронной таблицы "Excel", как наиболее простой и доступной для всех категорий работников строительных организаций, имеющих в современных условиях компьютерные установки. Это успешно внедрено в практику проектирования в строительных организациях Министерства архитектуры строительства РБ.

В существующих методиках не учитываются сложность и высокая трудоемкость теплотехнических, температурно-прочностных и электротехнических расчетов при моделировании поведения бетона несущих конструкций. При этом недостаточно оправдан традиционный для таких ситуаций подход типового проектирования, поскольку типовые технологические карты не в состоянии учесть всего реального многообразия условий. Практически все расчеты основываются на использовании уравнения теплового баланса, как на стадии подъема температуры, так и на стадии прогрева. Большим недостатком применяющихся методов расчета режимов тепловой обработки

монолитных конструкций является то, что в их основе лежит стационарный тепловой режим. В то же время все процессы, особенно в период подъема температуры, явно нестационарные.

Отдельные попытки рассматривать данный процесс как нестационарный для определения зависимости температуры от продолжительности её подъема для любой точки конструкции дали положительные результаты, но широкого практического использования в построчных условиях в доступной информации не отмечено. Не получили распространения работы по регулированию процесса тепловой обработки по возмущениям, когда в качестве возмущающих факторов принимались температура и скорость движения наружного воздуха, замеряемые специальными приборами. Обработка полученных результатов на компьютере с последующей подачей команд на изменение температуры нагревающих устройств не даёт желаемых результатов, так как и температура, и скорость ветра часто меняют свои значения, в очень широких пределах и довольно часто меняет своё фактическое значение коэффициент теплоперевода у наружной поверхности опалубки.

В этих условиях предпочтительными являются способы, основанные на регулировании по отклонениям, когда в качестве критерия, по которому регулятор задаёт значения основных параметров греющих устройств, является динамика изменения температуры бетонной смеси с одновременным контролем прочностных характеристик бетона. Динамика изменения во времени всех основных параметров твердеющего бетона может быть определена в автоматизированном режиме путём создания и реализации соответствующей модели. В качестве элементов моделируемой системы приняты параметры, прямо или косвенно влияющие на процесс тепловой обработки. Критерий цели – получение к окончанию процесса тепловой обработки бетона, обладающего заданными характеристиками.

В целях ускорения производства работ и сокращения их продолжительности при возведении монолитных конструкций зимой со снижением энергетических затрат на прогрев бетона с использованием ускоряющих добавок, целесообразно создавать “толчок” краткого и невысокого (40 °С) прогрева в начальной стадии с тем, чтобы бетон с добавками надежно твердел и ускоренно набирал требуемую прочность. При применении бетонов без добавок в среде с температурой ниже $-10 \div -15$ °С целесообразно использовать прогрев греющими электропроводами, что, помимо ускоренного достижения прочности, обеспечивает снижение затрат ресурсов.

По полученным результатам исследований и производства разработана автоматизированная система проектирования режимов прогрева бетона в монолитных конструкциях, возводимых зимой, что успешно внедрено в практику проектирования в строительных организациях Министерства архитектуры строительства РБ

Последовательность выполнения отдельных операций в компьютерном варианте заключается в нижеследующем:

- определение массивности и поверхности конструкций, на основе которых определяется и площадь поверхностей;
- определяются учетные параметры теплового воздействия на опалубку, арматуру, бетонную смесь и учет экзотермического тепла;
- устанавливаются температура среды и требуемая для прогрева бетона.

Все параметры определяются в расчете на 1 м^3 укладываемой бетонной смеси, и расход тепла складывается из алгебраической суммы расходов, упоминаемых в аналитических предыдущих расчетах.

На первом этапе разработано шесть моделей определения режимов тепловой обработки для шести основных разновидностей монолитных конструкций.

Программой предусмотрена последовательность действий по реализации модели прогрева конструкций, в компьютерном исполнении, посредством реализации которой выбирается требуемый вариант электронных таблиц.

Обобщенная методика расчетов, проектирования и производства работ в наших условиях успешно внедрена.

Заключение

1. Проведена доработка и корректировка данных на упрощенный вариант методических расчетов и проектирования режимов прогрева бетона в монолитных конструкциях, которая успешно осваивается в строительных предприятиях Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь с достижением результатов по сокращению продолжительности работ и расходу энергетических затрат.
2. Представленные научно-методические разработки позволили создать обобщенную модель с использованием электронных таблиц Excel, позволяющую в автоматизированном режиме определять параметры эффективного протекания процессов тепловой обработки монолитных железобетонных конструкций, которая была передана для освоения в проектные организации г. Минска и г. Бреста. Проведенные практические исследования подтвердили эффективность предлагаемой методики расчета и моделирования тепловой обработки бетона в конструкциях. Испытание прочности бетона конструкций неразрушающими методами контроля показали соответствие прогнозируемой прочности бетона, в установленные сроки, и прочности, полученной в результате электропрогрева бетона конструкций. Целесообразно провести дальнейшие исследования по экспериментальному поиску автоматических электро- и теплоэнергетических устройств с разработкой оптимальных схем установки.
3. Определены целесообразность и эффективность использования греющих проводов, обеспечивающих равномерность или концентрацию электрической и тепловой мощности при прогреве бетона в монолитных конструкциях с целью достижения требуемых показателей качества. Установлены характеристики используемых греющих проводов и разработана методика их расчета и размещения.
4. Подготовленные и изданные научно-практические рекомендации по внедрению и эффективному их освоению переданы заинтересованным строительным и проектным организациям, что подтверждается актами передачи и внедрения с экономическим эффектом, что будет способствовать повышению эффективности строительства в дальнейшем.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. НИИЖБ. – М.: Стройиздат. – 2005. – 270 с.
2. Проектирование технологии термообработки бетона с использованием методов контактного электрообогрева. Учебно-методическое пособие для студентов специальности ПГС БНТУ / Под ред. проф. Лысова В.П. – Мн., 2004. – 56 с.
3. Лыков, А.В. Теория теплопроводности. – М.: Гостехтеориздат. – 1952.
4. Блещик, Н.П. Математические модели кинетики гидратации цемента / Н.П. Блещик, Н.С. Протьюко, М.Н. Рыскин // Материалы международной конференции: инженерные проблемы современного бетона и железобетона, 12–17 ноября 1997. – С. 25–36.
5. Лысов, В.П. Греющие электропровода в технологиях обогрева помещений и устройствах бытового и производственного назначения. – Мн.: БНТУ, 2005. – 310 с.
6. Крылов, Б.А. Возведение монолитных конструкций // Сб. "НИИЖБ 75 лет в строительстве". – М., 2002.
7. Лукьянов, В.С. Расчет температурного режима бетонных и железобетонных конструкций при зимнем производстве работ. – М.: Трансжелдориздат. – 1934. – 182 с.
8. Бабицкий, В.В. Структура и коррозионная стойкость бетона и железобетона. – Мн.: Строительная наука и техника – 2005. – № 2. – С. 33–38.
9. Ахвердов, И.Н. Основы физики бетонов. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
10. Головнев, С.Г. Параметры технологии и качество зимнего бетонирования. Строительство. – № 5, 6. Известия вузов. – 1995.
11. Шифин, С.А. Практика применения греющего провода и технология транспортных сооружений // Технология и качество возводи-

- мых монолитных конструкций из бетона. / Научные труды ОАО ЦНИИС. – М.: ОАО ЦНИИС. – 2003. – Вып. 217. – С. 216–221.
12. Абрамов, В.С. Методы и технические средства тепловой обработки бетона на основе применения электропроводных полимеров / В.С. Абрамов, С.А. Амбарцумян – М., 1998.
 13. Мионов, С.А. Влияние раннего замораживания на прочностные и деформативные характеристики бетона / С.А. Мионов, Е.Г. Глазырина // Зимнее бетонирование и тепловая обработка. – М., 1975. – С. 71–87.
 14. Арбенев, А.С. От электротермоса к синэнегробетонированию. Владимирский ГТУ. – Владимир, 1996. – 272 с.
 15. Руководство по электротермообработке бетона. НИИЖБ. – М.: Стройиздат, 1974. – 254 с.
 16. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях в районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. – М.: Стройиздат, 1982. – 312 с.
 17. Лысов, В.П. Организационно-технологическое совершенствование возведения монолитных конструкций в зимний период, обеспечивающее сокращение сроков строительства и снижение затрат / В.П. Лысов, Н.М. Голубев, Т.В. Кривицкая // Строительная наука и техника. – Минск, 2007. – № 1. – С. 48–54.
 18. Лысов, В.П. Тепловая обработка бетона зимой, греющими электропроводами в не массивных насыщенных арматурой конструкциях / В.П. Лысов, Т.В. Кривицкая // Сб. материалов конференции «Итоги науки 2005» – Владимир: ВГТУ, 2005. – С. 96–100.

04.03.10

KRIVICKAJA T.V. Manufacture of concrete works at erection of monolithic designs in Republic Belarus

The outcomes of researches on production of concrete work in the winter for want of erection of monolithic constructions in Republic of Belarus are represented. The methods of a warm-up of concrete are considered, are offered is organizational-technological positions on account, designing and fulfillment of work with a warm-up of concrete heating by electrical wires.

330.322.54

Введение. До настоящего времени в Республике Беларусь для экономического сравнения вариантов объемно-планировочных и конструктивных решений применяются методы, ориентированные на плановую экономику на основе затратного подхода. В их основе лежат такие критерии, как общий народнохозяйственный эффект, или эффект для отрасли народного хозяйства и не учитываются доходы, приносимые объектом недвижимости. Причем основным нормативным документом служит СН 509-78 [5], утвержденный еще в 1978 году. Хотя и разработаны правила по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов [6], в основу которых заложен доходный подход, они не применяются на практике для оценки экономической эффективности вариантов конструктивных решений в строительстве.

Экономическое обоснование выбора оптимального варианта конструктивного решения здания ведется путем расчета экономического эффекта по предлагаемым вариантам. Обязательным условием сравниваемых вариантов должна быть их сопоставимость по: назначению; условиям эксплуатации; надежности; нагрузкам.

Методика оценки экономической эффективности на основе затратного подхода. Согласно [6], расчет экономического эффекта от создания и использования новых строительных конструкций производится по формуле:

$$= \min \cdot \varphi + \max, \quad (1)$$

где \max – вариант с максимальным сроком службы строительной конструкции T_{\max} ;

\min – вариант с минимальным сроком службы строительной конструкции (базовый вариант) T_{\min} ;

i – приведенные затраты на заводское изготовление и возведение конструкций на стройплощадке по i -тому варианту, руб.;

– коэффициент изменения срока службы новой строительной конструкции по сравнению с базовым вариантом;

– экономия в сфере эксплуатации конструкций за срок их службы.

Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативных отчислений от капитальных вложений в произ-

водственные фонды

$$i = i + E \cdot i, \quad (2)$$

где i – себестоимость строительно-монтажных работ по i -тому варианту, руб.;

– нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

i – удельные капитальные вложения в производственные фонды по i -тому варианту, руб.

Коэффициент φ рассчитывается по следующей формуле:

$$\varphi = \frac{P_{\min} + E}{P_{\max} + E}, \quad (3)$$

где i – доли сметной стоимости строительных конструкций (коэффициенты реновации) в расчете на один год их службы по по i -тому варианту.

Экономия в сфере эксплуатации конструкций за срок их службы определяется по формуле:

$$= \frac{(i_{\max} - i_{\min}) - (i_{\min} - i_{\max})}{P_{\max} + E}, \quad (4)$$

где i – годовые издержки в сфере эксплуатации по сравниваемым вариантам, руб. К ним относятся: затраты на капитальный ремонт строительных конструкций, восстановление и поддержание предусмотренной проектом надежности конструкций и сооружений в целом, ежегодные затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание (отопление, освещение, очистка от снега и др.);

i – сопутствующие капитальные вложения в сфере эксплуатации строительных конструкций (капитальные вложения без учета стоимости конструкций) по сравниваемым вариантам, руб.

Коэффициенты реновации рассчитываются по следующей формуле:

$$P_i = \frac{E}{(1 +)^i - 1}, \quad (5)$$

где i – срок службы строительных конструкций по i -тому варианту, лет.

Антонюк Ярослав Степанович, старший преподаватель кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.