

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Логистическая оптимизация транспорта в системе обеспечения строительного производства / И.А. Кулаков, Л.О. Кулакова // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2013. – № 1(79) : Строительство. – С. 142–145.
2. Павлючук Ю.Н., Кулаков И.А. Логистика. Краткий курс лекций. – Брест : БрГТУ, 2012. – 72 с.
3. Воронков А.Н., Лопаткина Т.И. Транспортно-складская логистика. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2010. – 146 с.
4. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Логистика» для студентов специальности 25 01 09 «Коммерческая деятельность» / Кулаков И.А., Пипко Е.В. – Брест : БрГТУ, 2003. – 39 с.
5. Дроздов, П.А. Основы логистики : учебное пособие. – Минск : Издательство Гревцова, 2008. – 208 с.
6. Ванчукевич, В.Ф. Автомобильные перевозки. – Минск : Дизайн ПРО, 1999. – 224 с.

Материал поступил в редакцию 02.11.2016

KULAKOV I.A., KULAKOVA L.O. Logistick provision of transport costs in the structure of the project of executing work in building industry

The share of logistics costs in the price of construction products is about 30% in current situation in Belarus. Of which transportation costs are about 30%. In their turn, planned transportation costs, which are factored in contract price, are determined 7-12% from the costs of constructional materials depending on remoteness of the site. The purpose of this research is to reduce transportation costs by operational management of rolling stock based on making transportation schedule and bill of materials.

УДК 693.547.32

Кривицкая Т.В.

ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ В СТРОИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Введение. В современных условиях Республики Беларусь весьма важной является задача по совершенствованию и изысканию новых технологий проектирования и производства работ возведения монолитных железобетонных конструкций в направлении на сокращение сроков строительства, экономию энергетических затрат и улучшения качества. Особенно это актуально для зимних условий в монолитных конструкциях, какими являются несущие каркасы многих зданий и сооружений. В условиях рыночной экономики необходим определенный уровень инновационного потенциала строительных предприятий для успешного развития новых технологий.

Основой эффективного развития экономической системы государства является четко сформулированная инновационная политика, повышающая эффективность внедрения новых технологий в производственную деятельность строительных предприятий. Деятельность по развитию строительного комплекса неразрывно связана с четко выраженной главной целью функционирования национальной экономики, имеющей социальный характер. Основные задачи деятельности Министерство архитектуры и строительства в тесной связи с Управлением строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства экономики закреплены в «Концепции развития строительного комплекса Республики Беларусь на 2011–2020 гг.» [1].

В последнее десятилетие в строительстве наметилась тенденция более широкого использования монолитного бетона. Наряду с рядом положительных качеств при использовании монолитного бетона в процессе производства строительного-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. Помимо известных разработок ЦНИИОМТП, НИИЖБ и других были проведены глубокие исследования по термообработке таких конструкций с использованием греющих изолированных электропроводов [2]. 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 окру-

жающей среды (до -25°C).

Результат проведенных производственных исследований с применением автоматизированной технологии термообработки бетона – получение к окончанию процесса тепловой обработки бетона, обладающего заданными характеристиками, а так же данных корректирующих значения переменных принимаемых по номограммам, разработанным для типовых технологических карт, что обеспечило сокращение сроков строительства, снижение затраты и улучшение качества конструкций.

Технология термообработки бетона, методика расчета и проектирования режимов прогрева, способствующих сокращению продолжительности работ и затрат энергоресурсов. В настоящее время развитие строительной отрасли в Республике Беларусь невозможно без поддержки ее технологического развития. Строительный комплекс находится под воздействием постоянных изменений внешней среды и в соответствии с этими воздействиями изменяется внутренняя среда и потенциал субъектов инвестиционно-строительной сферы. Строительный процесс неразрывно связан с совокупностью информационных процессов, оптимизация которых позволяет обеспечить рациональное инвестирование. В настоящее время строительному комплексу Республики Беларусь необходимо в короткие сроки достичь мирового уровня строительного производства, чтобы выжить в обостряющейся конкурентной борьбе. Сегодня, приоритетные направления – это совершенствование производственных технологий, совершенствование технологии производства монолитных конструкций, высотное строительство. На сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что Республика Беларусь является хорошей площадкой реализации этих проектов, связанных со строительной отраслью. При выполнении монолитных работ в зимних условиях возникают большие сложности и главная проблема – замерзание несвязанной воды затвердения 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 Республики Беларусь при устройстве массивных монолитных конструкций используются различные

Кривицкая Тамара Васильевна, ст. преподаватель кафедры менеджмента Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

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 методах 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. Поэтому необходимо принимать особые меры по утеплению опалубок и открытых бетонных поверхностей или использовать противоморозные и ускоряющие твердение добавки, выдерживая бетон по методу "термос". 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 [3].

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. Способ электродного прогрева доступен для самых различных конструкций и производственных условий. 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 [3].

Для решения задач тепловой обработки монолитных конструкций предусмотрена определённая последовательность выполнения отдельных операций. Вначале определяется форма и геометрические размеры бетонной или железобетонной конструкции. В простейшем случае большинство таких конструкций, как колонны, балки, плиты покрытий и перекрытий, ростверки и др. наиболее распространённой формой является параллелепипед с размерами сторон a, b, l . На основе данных геометрических размеров определяется ряд производных величин, в т. ч.:

- объём конструктивного элемента (V_k)
- $$V_k = a \times b \times l \text{ м}^3 \quad (1)$$

Кроме того, для проведения теплотехнических расчётов необходимо знать площадь поверхности обогреваемого конструктивного элемента (F_k), а также площади каждой из его сторон, так как для каждой из сторон условия теплопередачи и теплотехнические параметры опалубочных систем могут существенно различаться.

В тех случаях, если элемент имеет сложную форму, предусматривается расчёт его объёма или площади производить последовательно: рассчитываются отдельные части простой формы с последующим их суммированием.

Для суждения о массивности (M_n) определяется модуль поверхности конструкции (M_n):

$$M_n = \frac{F_k}{V_k} \text{ м}^{-1} \quad (2)$$

В процессе проведения расчётов режимов тепловой обработки необходимо знание основных теплотехнических характеристик опалубочных систем бетонированных конструкций. Для их расчёта вводятся необходимые исходные данные, в т.ч.:

- толщина опалубки каждой из сторон бетонированной конструкции (δ_1), м;
- толщина слоя теплоизоляции каждой из сторон бетонированной конструкции (δ_2), м;
- коэффициент теплопроводности материала опалубки каждой из сторон бетонированной конструкции (λ_1), Вт/м²град;
- коэффициент теплопроводности материала теплоизоляции каждой из сторон бетонированной конструкции (λ_2), Вт/м²град.

Термическое сопротивление каждой из сторон опалубки определяется по формуле

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \text{ град м}^2/\text{Вт}, \quad (3)$$

где R – термическое сопротивление одной из сторон опалубочной системы, град м²/Вт,

δ_1 – толщина опалубки каждой из сторон бетонированной конструкции, м;

δ_2 – толщина слоя теплоизоляции каждой из сторон бетонированной конструкции, м;

λ_1 – коэффициент теплопроводности материала опалубки каждой из сторон бетонированной конструкции, Вт/м²град;

λ_2 – коэффициент теплопроводности материала теплоизоляции каждой из сторон бетонированной конструкции, Вт/м²град.

Коэффициент теплообмена у наружной поверхности каждой из сторон опалубки (α), который необходим для расчёта общего сопротивления теплопередаче, может быть представлен как

$$\alpha = \alpha_{\text{л}} + \alpha_{\text{к}} \text{ Вт/м}^2 \text{ град}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{л}}$ – коэффициент передачи тепла излучением Вт/м² град;

$\alpha_{\text{к}}$ – коэффициент передачи тепла конвекцией, Вт/м² град.

Лучистая составляющая коэффициента теплообмена определяется по формуле

$$\alpha_{\text{л}} = C^1 \cdot \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{T_1 - T_2}, \quad (5)$$

где T_1 и T_2 – соответственно температуры поверхности, между которыми происходит теплообмен, °К;

C^1 – приведенный коэффициент излучения поверхностей.

$$C^1 = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_0}}, \quad (5.1)$$

где C_1 и C_2 – коэффициенты излучения поверхностей;

C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела.

Определение коэффициента конвективного теплообмена ($\alpha_{\text{к}}$) осуществляется по формуле:

$$\alpha_{\text{к}} = (6,31v^{0,656} + 3,25e^{-1,91v}) \times 1,163 \quad (6)$$

где v – скорость ветра, м/сек;

e – основание натуральных логарифмов.

Ряд проведенных расчётов коэффициента теплообмена у наружной поверхности различных видов опалубок (более 20 расчётов) показал, что для условий Беларуси эта величина для практических расчётов при выполнении бетонных работ на открытых площадках может быть принята равной 25-45 Вт/м² град. В то же время в программе предусматривается возможность находить её и более точное значение расчётным путём.

Величина сопротивления теплообмену у наружной поверхности опалубки (R_n) определяется по формуле

$$R_n = \frac{1}{\alpha}. \quad (7)$$

Общее же сопротивление теплопередаче каждой из сторон опалубочной системы определяется по формуле:

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \text{ град м}^2/\text{Вт}. \quad (8)$$

В расчете учитываются три основных стадии тепловой обработки: подъем температуры, изотермический прогрев и остывание. Для удобства проведения расчетов их предусматривается выполнять с учетом получения параметров тепловой обработки на 1 м³ бетона и на один конструктивный элемент (плита, балка фундамент и др.).

Расход тепла на нагрев бетонной смеси до момента начальной стадии изотермического прогрева (подъем температуры) может быть определен по формуле:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{б}} - Q_{\text{х}} + Q_{\text{а}} + Q_{\text{е}} + Q_{\text{о}} + Q_{\text{пот}} \text{ Дж}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{п}}$ – общий расход тепла на подъем температуры, Дж;

$Q_{\text{б}}$ – расход тепла на нагрев бетонной смеси, Дж;

$Q_{\text{х}}$ – тепло, выделенное в результате гидратации цемента при экзотермических реакциях, Дж;

$Q_{\text{а}}$ – расход тепла на нагрев арматуры, Дж;

$Q_{\text{е}}$ – расход тепла на испарение влаги в процессе подъема температуры, Дж;

$Q_{\text{о}}$ – расход тепла на нагрев опалубки, Дж;

$Q_{\text{пот}}$ – потери тепла в окружающую среду, Дж.

Расход тепла на подъем температуры 1 м³ бетонной смеси:

$$Q_{\text{б}} = G_{\text{б}} \cdot c_{\text{б}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \text{ Дж}, \quad (10)$$

где $G_{\text{б}}$ – масса бетонной смеси, кг;

$c_{\text{б}}$ – удельная теплоемкость бетонной смеси, Дж/кг·°С;

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ – средняя начальная и средняя конечная температура бетонной смеси, °С.

Количество тепла, поступающего в результате экзотермической реакции цемента, на 1 м³ составит:

$$Q_{\text{х}} = G_{\text{ц}} \cdot q_{\text{хр}} \text{ Дж}, \quad (11)$$

где $G_{\text{ц}}$ – масса цемента в составе бетонной смеси, кг;

$q_{\text{хр}}$ – удельное количество тепла, выделяемого при химических реакциях, (в расчетах принимается равной 92 Дж/кг °С.)

Количество тепла, необходимого для нагрева опалубочной системы, составит:

$$Q_{\text{о}} = (G_{\text{о}} \cdot c_{\text{о}} + G_{\text{м}} \cdot c_{\text{м}}) \times (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \text{ Дж}, \quad (12)$$

где $G_{\text{о}}$ – масса опалубки, кг;

$c_{\text{о}}$ – удельная теплоемкость материала опалубки, Дж/кг·°С;

$G_{\text{м}}$ – масса теплоизоляции опалубки, кг;

$c_{\text{м}}$ – удельная теплоемкость материала теплоизоляции, Дж/кг·°С;

$t_{\text{к}}$ – средняя температура опалубки к моменту окончания подъема температуры, °С;

$t_{\text{н}}$ – средняя начальная температура опалубки, °С.

Расчет выполняется для отдельного конструктивного элемента, в пересчете на 1 м³ бетонной смеси

Количество тепла для нагрева арматуры бетонизируемой конструкции в расчете на 1 м³

$$Q_{\text{а}} = G_{\text{а}} \cdot c_{\text{а}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \text{ Дж}, \quad (13)$$

где $G_{\text{а}}$ – масса арматуры на 1 м³ бетонной смеси, кг;

$c_{\text{а}}$ – удельная теплоемкость материала арматуры, Дж/кг·°С;

$t_{\text{н}}$ и $t_{\text{к}}$ – соответственно средняя начальная и средняя конечная температура арматуры, °С.

Количество тепла на испарение влаги из 1 м³ уложенной бетонной смеси в процессе подъема температуры определяется по формуле

$$Q_{\text{е}} = w_{\text{п}} \cdot q_{\text{у}} \cdot (100 - t_{\text{н}}) \text{ Дж}, \quad (14)$$

где $w_{\text{п}}$ – масса влаги, испаряемой в процессе подъема температуры, кг;

$q_{\text{у}}$ – удельный расход тепла на испарение влаги из твердеющего бетона, Дж/кг.

При определении потерь тепла в окружающую среду в процессе подъема температуры расчетную схему можно рассматривать как систему с внутренним источником тепла. От нагревательных проводов исходит тепловой поток, направленный к поверхности опалубки.

Удельный тепловой поток, проходящий через наружную поверхность опалубки, определяется по формуле

$$q = \frac{\Delta t}{R_o} \times 0,5, \quad (15)$$

где Δt – перепад температур между зоной нагрева и наружным воздухом, °С;

R_o – общее термическое сопротивление каждой из сторон опалубки.

Потери тепла для каждой из сторон рассчитываются по формуле:

$$Q_{\text{пот}} = \frac{F}{R_o} \times (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) \times \tau \times 0,5 \text{ Дж}, \quad (16)$$

где F – площадь каждой из рассчитываемых сторон, м²;

τ – время подъема температуры, принимаемое в предварительном расчете значение 3–6 часов в зависимости от вида конструктивного элемента и его массивности. Производится расчет потерь тепла в расчете подъема температуры одного конструктивного элемента и 1 м³ бетонной смеси данного конструктивного элемента. Далее определяется общее количество тепла на подъем температуры конструктивного элемента и 1 м³ бетонной смеси этого элемента. Определение требуемого количества тепла на подъем температуры бетонной смеси монолитного конструктивного элемента выполняется по формуле (9).

Часовой расход тепла на подъем температуры бетонной конструкции в целом и 1 м³ конструкции выполняется по формуле

$$q_o = \frac{Q_o}{\tau}, \quad (17)$$

где q_o – часовой расход тепла на подъем температуры, Дж/час.

Время подъема температуры твердеющего бетона (τ) назначается исходя из трех основных соображений:

- предотвращения деструктивных явлений в результате большого перепада температуры в теле твердеющего бетона, зависящего от его массивности, характеризующейся модулем поверхности;
- возможности строительной организации в отборе необходимой мощности электрического тока;
- сроков выполнения комплекса бетонных работ.

Изотермический прогрев осуществляется в соответствии с принятыми параметрами при стационарном тепловом режиме.

Расход тепла состоит из расхода тепла на испарение избытков влаги в бетоне и из потерь в окружающую среду.

Расход тепла на испарение влаги при изотермическом прогреве будет происходить, в основном, в первые 10 часов прогрева, что составит 80 кг/м³, а в течение часа в среднем – 8 кг/м³.

Тогда количество тепла, необходимого для испарения влаги в процессе изотермического прогрева, составит

$$Q_{\text{ум}} = w_{\text{м}} \cdot q_{\text{у}} \cdot (100 - t_{\text{к}}) \text{ Дж}, \quad (18)$$

а в расчете прогрева в течение 1 часа

$$q_{\text{ум}} = Q_{\text{ум}}/10 \text{ Дж/час}. \quad (19)$$

Количество тепла определяется в расчете на 1 м³ уложенной бетонной смеси и на один конструктивный элемент.

Расчеты сравнены с экспериментально-производственными данными термообработки, в которых учтено влияние притока тепла выделяемого в результате гидратации цемента, $Q_{\text{ц}}$ [2], а также потери за счет испарения и теплопроводности через опалубку в стационарном режиме. 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, моменты экспериментального прогрева отнесены к случаям, когда исключена возможность применения термосных методов при температурах наружного воздуха -10° ÷ -20°С. При этом учтен достигнутый технологический уровень технологии подачи бетонной смеси.

В результате учета теплотерь 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 [4]. 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.

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. Однако при проверках получилось некоторое несовпадение результатов по применяемым и выпускаемым цементам в Республике Беларусь. Частично все это отрегулировано и разработано для зимних условий при возведении монолитных конструкций [4]. 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.

Для практического использования в строительных организациях имеющиеся формулы, а также построенные на их основе графики и номограммы, не всегда удобны и требуют больших затрат времени. Особенно этот процесс усложняется при необходимости получать промежуточные данные по тепловой обработке бетона и для сравнения большого количества вариантов. Анализ показал, что наиболее адекватным методом определения всех необходимых параметров процесса тепловой обработки монолитных конструкций является моделирование, т.е. изучение этого процесса на моделях. Реализация экономико-математической модели этого процесса должна обеспечить:

- определение всех требуемых параметров процесса тепловой обработки различного вида монолитных конструкций с различными модулями поверхности, выполненных из разных по составу бетонных смесей и имеющих различный процент армирования;
- оптимизация режима тепловой обработки с учетом имеющегося в строительной организации трансформаторного оборудования и греющего провода;
- возможность сопоставления большого количества возможных решений;
- возможность быстрого реагирования и выбора лучших вариантов при изменении условий протекания процесса, в т. ч. метеорологических условий, обеспечения энергоресурсами и т. д.;
- возможность быстрого внесения корректив;
- возможность использования при автоматизации тепловой обработки;
- возможность, при необходимости, наглядного сопоставления отдельных решений в виде графиков и диаграмм.

Проведенный анализ различных вариантов моделирования процесса показал целесообразность создания требуемой модели на основе электронной таблицы Excel. Такой выбор полностью соответствует рассмотренным требованиям, предъявляемым к модели. Кроме того, модель на основе электронной таблицы Excel является наиболее простой и легко доступной для всех категорий работников строительных организаций. Такая модель может быть реализована на любых компьютерах, имеющихся в строительных организациях, в т.ч. на ноутбуках и на карманных компьютерах.

Учитывая общую сложность определения всех параметров, для этого принят процесс их моделирования и целесообразность создания модели электронной таблицы Excel. Это успешно внедрено в практику проектирования в строительных организациях Министерства архитектуры строительства Республики Беларусь.

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 расчёты основываются на использовании уравнения теплового баланса, как на стадии подъёма температуры, так и на стадии прогрева. Большим недостатком применяющихся методов расчёта режимов тепловой обработки монолитных конструкций является то, что в их основе лежит стационарный тепловой режим. В то же время все процессы, особенно в период подъёма температуры, явно нестационарные.

Отдельные попытки рассматривать данный процесс как нестационарный для определения зависимости температуры от продолжительности её подъёма 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 теплоперехода 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 надёжно 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 Республики Беларусь.

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.

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. Таким образом, получены уточненные показатели и зависимости, касающиеся производства работ, которыми можно пользоваться при расчетах и проектировании, как на стадии подготовки, так и оперативном режиме выполнения прогрева бетона в монолитных конструкциях, что будет способствовать повышению эффективности строительства в дальнейшем.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция развития строительного комплекса Республики Беларусь на 2011–2020 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 28.10.2010 N 1589.
2. Проектирование технологии термообработки бетона с использованием методов контактного электрообогрева: учебно-методическое пособие для студентов специальности ПГС БНТУ / Под ред. проф. В.П. Лысова. – Минск, 2004. – 56 с.
3. Шифин, С.А. Практика применения греющего провода и технология транспортных сооружений: научные труды ОАО ЦНИИС // Технология и качество возводимых монолитных конструкций из бетона. – Москва: ОАО ЦНИИС. – 2003. – Вып. 217. – С. 216–221.
4. 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. – № 1. – Минск, 2007. – С. 48–54.

Материал поступил в редакцию 25.01.2017

KRIVITSKAYA T.V. Innovative development of technologies and organization of works in the construction complex of the Republic of Belarus

The outcomes of researches on production of concrete works 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 new methodical and is organizational-technological positions on account, designing and fulfillment of works with a warm-up of concrete heating by electrical wires. Need of introduction of the automated information technologies for the production organizations is reasonable, functionality of new technologies of operational management.

УДК 658:002

Богомолов Ю.М., Носко Н.В.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ИНВЕСТИЦИОННО-СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА КАК ОДИН ИЗ ОСНОВНЫХ ЭТАПОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Введение. На сегодняшний день особенности строительного производства в Республике Беларусь требуют гибкости и динамичности организационных структур, ориентации их на потребности заказчиков. К таким особенностям относятся: неподвижность и разнообразие строительной продукции, длительность инвестиционного цикла, динамичность территориальных, отраслевых и воспроизводственных пропорций, а также высокий уровень разделения труда в строительстве. Это повышает значимость проблем управления строительным комплексом региона и, в первую очередь, согласованного взаимодействия основных участников строительства. Количество уровней управления, концентрация и специализация производства, надежность производственных связей, а также другие характеристики структуры создают определенные условия для деятельности участников строительства. При выборе и обосновании организационной структуры целесообразно в составе регионального строительного комплекса рассматривать строительные и монтажные организации, а также их подразделения, промышленные предприятия строительной индустрии, транспортные,

снабженческие и другие организации, как органически связанные между собой в процессе производства в единую систему для создания конечной строительной продукции.

Управление деятельностью участников инвестиционно-строительного процесса является сложной комплексной проблемой, от успешного решения которой в значительной мере зависят темпы дальнейшей интенсификации строительного производства и повышения эффективности капитальных вложений.

Научными исследованиями в этой области продолжительное время занимаются многие ученые и специалисты. Однако ряд аспектов теоретического и практического характера требуют дальнейшего изучения. Моделирование системы управления строительным производством должно осуществляться с учетом взаимодействия участников инвестиционно-строительного процесса.

Взаимоотношения и связи, возникающие в процессе строительного производства. Деятельность регионального строительного

Богомолов Юрий Михайлович, д.т.н., профессор Белорусского национального технического университета. Беларусь, БНТУ, 220114, г. Минск, пр-т Независимости, 150.

Носко Наталья Викторовна, доцент кафедры менеджмента Брестского государственного технического университета.

Строительство и архитектура