

УДК 693.557

В. В. ТАРАН, А. В. ИХНО, С. Е. ГОЗУЛОВ

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
БЕТОНИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЗИМНИХ
УСЛОВИЯХ ДОНБАССА**

Аннотация. Изложена актуальность работы, анализ ранее выполненных исследований и разработок в области технологии и организации строительного производства, направленных на формирование и выбор рациональных решений по возведению вертикальных монолитных конструкций в зимних условиях. Раскрыта сущность и состояние вопроса выбора метода зимнего бетонирования в условиях Донбасса. В статье изложена технология прогрева бетона колонн нагревательными проводами с применением системы автоматического программного регулирования процессов термообработки. Разработана схема раскладки и подключения нагревательного провода и алгоритм регулирования нагрева бетона колонн при термообработке. Дана оценка влияния факторов производства, ограничивающих возведение конструкции. Приведены сравнительные показатели по трудоемкости и продолжительности возведения вертикальных конструкций при различных схемах укладки нагревательного провода с применением системы автоматического программного регулирования процессов термообработки.

Ключевые слова: термообработка, нагревательные провода, автоматизированная система управления, технико-экономические показатели.

Особенности климата Донбасса, которые обуславливаются его географическим положением, оказывают значительное влияние на проведение строительных работ в холодный период года. Продолжительность зимнего периода составляет около 5–6 месяцев. Выбор основных методов производства бетонных работ зимой зависит от множества различных факторов. Среди них основными являются назначение конструкции, массивность, способ укладки и температура окружающей среды, время на набор прочности, другие факторы (вид опалубки, наличие утеплителя, возможности применения химдобавок и т. д.).

При выборе метода нельзя пренебрегать и такими показателями, как трудозатраты, сроки производства работ, затраты на оборудование и материалы. Термообработка бетона выполняется разными способами, при этом особое внимание уделяется управлению температурным режимом в период набора прочности бетона. Попытки управлять прогревом бетона разными способами делались неоднократно и продолжаются. Без четкого понимания температурной ситуации в конструкции, твердеющей на морозе, успешно управлять термообработкой невозможно. Производство бетонных работ в зимнее время требует дополнительных трудовых, материальных и энергетических ресурсов. Ключом к энергетической и экономической эффективности процесса является управление термообработкой бетона.

Целью представленной работы является повышение эффективности возведения монолитных вертикальных конструкций в зимних условиях путем выбора рациональных организационно-технологических решений.

Во внедрение новых методов зимнего бетонирования внесли вклад такие ученые и экспериментаторы: А. И. Гныря [1], С. В. Коробков, Ю. С. Вытчиков, И. Г. Беляков и другие.

К. М. Мозгалёв рассматривает бетонные конструкции, испытывающие интенсивные истирающие нагрузки в процессе эксплуатации, а также вопрос применения в этих конструкциях бетонов и растворов на основе магнезиального вяжущего [2]. Об истории развития зимнего бетонирования в

России, особенностях технологий производства и использования современных противоморозных добавок рассказывают участники организованного журналом «Технологии бетонов» круглого стола. Л. А. Беркович в своей работе разрабатывает научно-методические положения организационно-технологического обеспечения процессов зимнего бетонирования применительно к монолитным конструкциям гражданских зданий [3, 4]. С. Н. Золотухин и А. Н. Горюшкин классифицируют методы бетонирования при отрицательных температурах и разбирают технологии их производства [5]. В своей работе Д. Г. Имайкин, Р. А. Ибрагимов, М. М. Мартынов и А. Р. Сунгатуллина [6] представляют результаты исследований температурных и прочностных показателей конструкции при прогреве в термоактивной опалубке. Кроме того, они анализируют различные методы зимнего бетонирования. Так как температура бетонной смеси в значительной мере зависит от температуры ее составляющих, их хранение и обеспечение заданных параметров при отрицательных температурах становится важнейшей задачей. Расчет допустимого температурного режима бетонной кладки из условия обеспечения ее трещиностойкости в своей работе приводит В. И. Телешев. Анализ работ по исследованию влияния раннего замораживания на нарастание прочности бетона дан в статье А. Б. Тринкера, в которой также представлены специальные методы зимнего бетонирования. Ю. А. Корытов выделяет способ нагрева проводами. В его трудах приведены преимущества этого метода по сравнению с другими. Он пишет, что принципиальное достоинство его в том, что нагрев происходит внутри бетона, что обуславливает его ускоренное твердение по сравнению с другими способами [7].

Выбор основных методов производства бетонных работ зимой зависит от множества различных факторов. Среди них основными являются: назначение конструкции; массивность; способ укладки; температура окружающей среды; время на набор прочности. Однако в условиях Донбасса часто приходится учитывать и другие факторы (возможность доставки материалов, вид опалубки, наличие утеплителя, возможности применения химдобавок и т. д.). Окончательный выбор метода производства бетонных работ в зимнее время должен быть подкреплён экономическими показателями.

В результате сравнения различных методов зимнего бетонирования по трудозатратам, расходу электроэнергии, температуре применения в условиях Донбасса определен наиболее эффективный электропрогрев – прогрев нагревательными проводами. Кроме того, именно эта технология среди всех рассмотренных ранее является сравнительно простой и экономичной в использовании. Недостатком технологии является невозможность повторного использования нагревательного провода, так как провод укладывается непосредственно внутрь бетонируемой конструкции, и после термообработки бетона не подлежит демонтажу и остается внутри конструкции навсегда. Данная технология применима при бетонировании конструкций с модулем поверхности от 6 до 10 в интервале температур $-15-40$ °С. На рисунках 1 и 2 представлены схемы установки греющего провода.



Рисунок 1 – Установка греющего провода путем навивки его на арматуру.

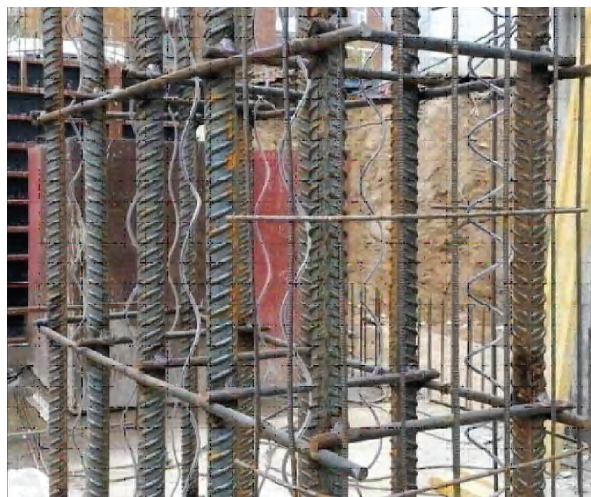


Рисунок 2 – Установка греющего провода вдоль арматуры на всю высоту колонны.

Метод обогрева греющим проводом является универсальной технологией термоизоляции бетона при отрицательных температурах, нашедшей широкое применение при возведении монолитных

железобетонных зданий, с прогревом стен, перекрытий, колон и фундамента. Прогрев греющими проводами происходит изнутри конструкции – кондуктивно, так как источник тепла (провод) укладывается непосредственно внутрь бетонируемой конструкции. После заливки бетона по проводу пускается электрический ток определенных параметров для нагрева смеси изнутри. В этом состоит большое преимущество данного способа, поскольку в отличие от всех подобных методов, когда тепло от источника подводится к конструкции извне и осуществляет нагрев с поверхности, используя греющий провод, все тепло передается бетону.

Для прогрева бетона в конструкциях применяются специально выпускаемые для этой цели нагревательные провода с диаметром жилы (стальная проволока в пластиковой изоляции) от 1,2 до 3,0 мм. Типы применяемых кабелей при прогреве бетона приведены в таблице.

Таблица – Типы применяемых кабелей при прогреве бетона

Тип кабеля	Кол-во жил	Особенности монтажа	Рабочая температура/ Температура монтажа, °С	Максимальная мощность тепловыделения, Вт/м
КДБС (Россия)	2	Не требует подрезания, а благодаря специальным муфтам, легко укладывается по выбранной схеме	-60 до +50/не ниже -15	25
ВЕТ (Финляндия)	2		ниже 5/не ниже -30	25
ПНСВ (Россия)	1	Требуется подрезание, соединение холодных концов производится при помощи клеммника	-60 до +50/не ниже -15	20
ПНСП (Россия)	1		-60 до +50/не ниже -15	25

Подключение ПНСВ кабеля возможно по однофазной и трехфазной схеме. В любой схеме подключения важно учитывать тот факт, чтобы в погруженном в бетон проводе сила тока составляла примерно 15 Ампер. Распространенные схемы трехфазного подключения показаны на рисунке 3.

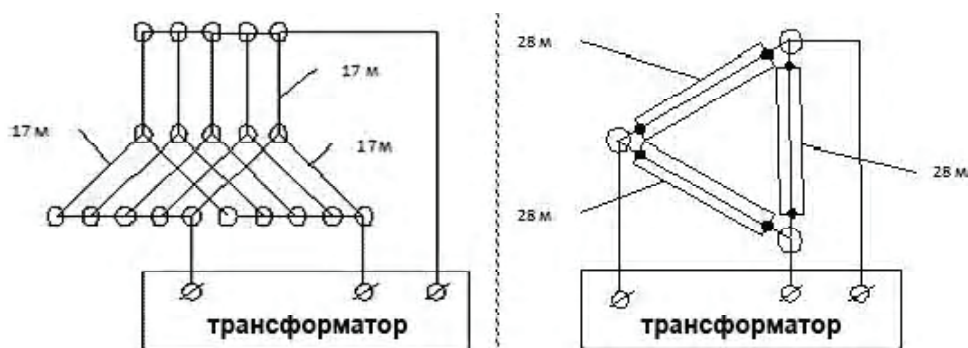


Рисунок 3 – Схемы трехфазного подключения провода.

Производство бетонных работ в зимнее время требует дополнительных трудовых, материальных и энергетических ресурсов. Ключом к энергетической и экономической эффективности процесса является управление термообработкой бетона. Автоматическое управление процессом прогрева является эффективным способом сокращения расходования электроэнергии на прогрев бетона и позволяет гарантировать качество бетона, твердеющего на морозе выполнением всех нормативных температурных ограничений.

В зависимости от характера и объема операций, выполняемых автоматическими устройствами, различаются различные виды автоматизации. Проведен анализ автоматизированных систем управления процессами производства и обработки материалов, на его основании разработана классификация автоматизации строительных процессов, представленная на рисунке 4. Наиболее совершенным является автоматическое регулирование, обеспечивающее поддержание заданных значений в заранее установленных условиях.

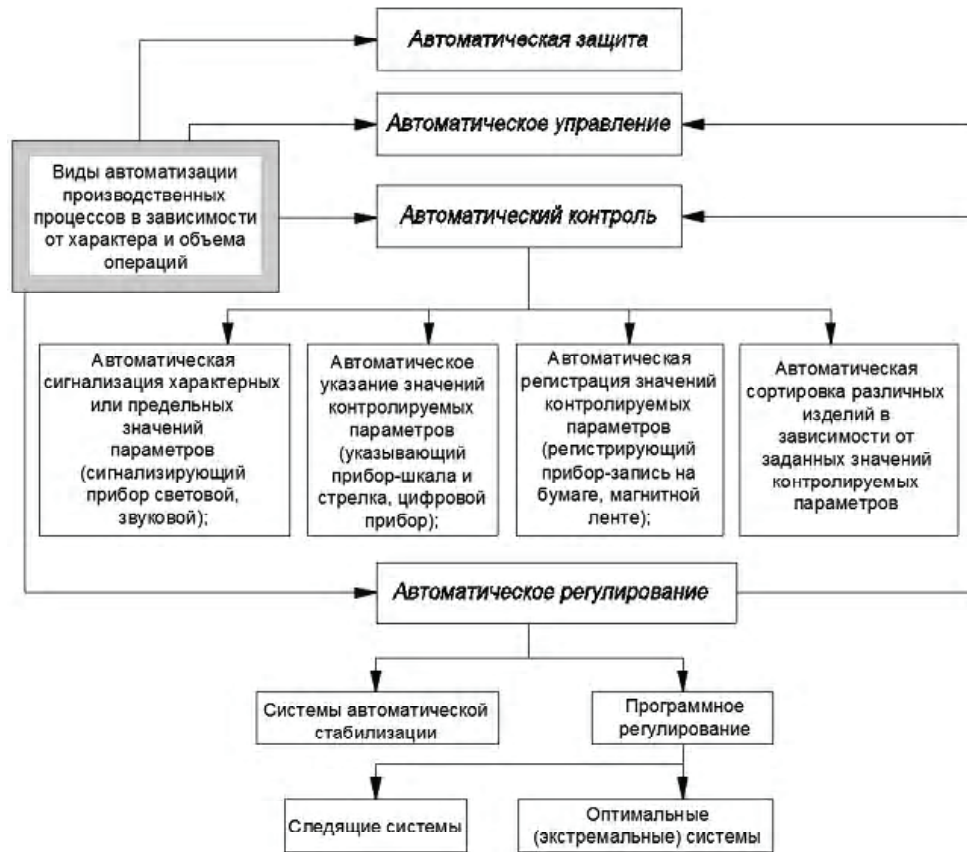


Рисунок 4 – Классификация автоматизации строительных процессов.

Для эффективности управления термообработки бетона применена система автоматического программного регулирования РТМ-5. Регулирование нагрева осуществляется по исходным данным программы и достигнутой бетоном прочностью путем включения-выключения питания нагревателей. Для регулирования температуры обогрева бетона в специальной скважине устанавливают выносной термодатчик системы автоматики и подают напряжение на проволочные электронагреватели. Алгоритм регулирования нагрева представлен на рисунке 5.

Работы по термообработке ведутся фрагментами, каждый фрагмент насчитывает по 8 колонн, что обусловлено техническими параметрами управляющей системы РТМ-5, при помощи которой можно осуществлять контроль только 8 элементов. На рисунке 6 представлена схема раскладки и подключения нагревательного провода при термообработке бетона. Производится определение параметров термообработки бетона колонн (сечение провода, длина провода на один элемент/захватку/этаж, напряжение, U , B) с заданными размерами и модулем поверхности ($Mп$) из условий бетонирования:

- температура бетонной смеси, уложенной в опалубку, $^{\circ}C$;
- средняя температура наружного воздуха в течение суток, $^{\circ}C$;
- скорость ветра, м/с;
- температура изотермического выдерживания бетона, $^{\circ}C$.

После чего определяется режим термообработки бетона при условии, что прочность бетона составит не менее 70 %. Продолжительность нагрева при скорости нагрева $4,0^{\circ}C/ч$ составляет 10 ч, изотермическая выдержка при $+40^{\circ}C$ – 60 ч и остывания до нуля при скорости остывания $2,0^{\circ}C/ч$ – не менее 20 ч.

Технология возведения отдельных конструкций и всего объекта в целом, объединяет простые и сложные технологические процессы. Эффективность технологий зависит от уровня взаимодействия процессов: чем выше степень их сочетания, тем технологичнее возведение конструкции [8].

Состав работ по термообработке вертикальных конструкций включает процессы:

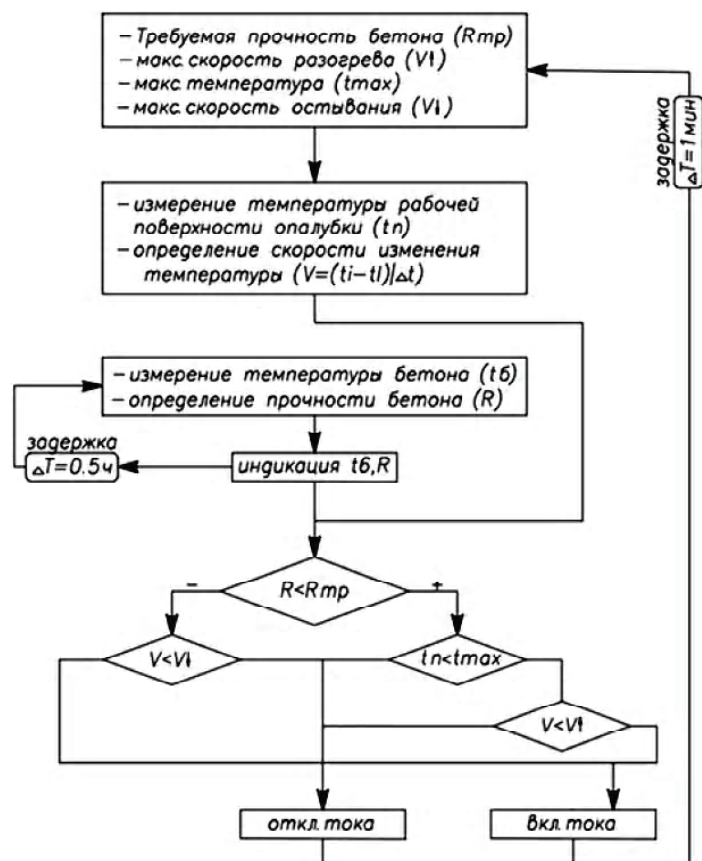


Рисунок 5 – Алгоритм регулирования нагрева по исходным данным программы и достигнутой бетоном прочности путем включения-выключения питания нагревателей.

- установка арматуры отдельными стержнями со сваркой узлов колонны и стойки рам хомутами сложной формы;
- сборка и разборка деревянной щитовой опалубки для устройства колонн высотой до 6 м, периметр, м. свыше 1,8 до 2,0;
- укладка бетонной смеси в конструкции кранами в бадьях в колонны при наименьшей стороне поперечного сечения 500 мм;
- прокладка кабелей с виниловой, полиэтиленовой оболочками с креплениями накладными скобами сечением до 6 мм²;
- разводка по устройствам и подключение жил кабелей или проводов внешней сети к блокам зажимов и к зажимам аппаратов и приборов, установленных на устройствах, сечение жилы до 10 мм²;
- электротермообработка бетонной смеси

Выбор организационно-технологических решений включает в себя совокупность технологических и организационных процессов, необходимых для решения выбранного метода термообработки, а также подбор количественного и квалификационного состава рабочих. После выбора организационно-технологических решений определяются сроки [9] и стоимость выполнения строительных работ, в результате чего проводится технико-экономическое сравнение и определяется оптимальная схема раскладки и подключения нагревательного провода вертикальных конструкций в построечных условиях.

Выбор организационно-технологических решений определяет стоимость и сроки выполнения строительных работ, что в свою очередь влияет на выбор схемы раскладки нагревательного провода в условиях строительной площадки. Ожидаемая эффективность характеризуется проектными показателями, которые содержат информацию о конструктивно-технологических особенностях возводимых несущих конструкций.

Сравнение показателей технологичности по способу прогрева вертикальных конструкций (варианты: 1 – с навивкой нагревательного провода вокруг арматурного каркаса с заданным шагом

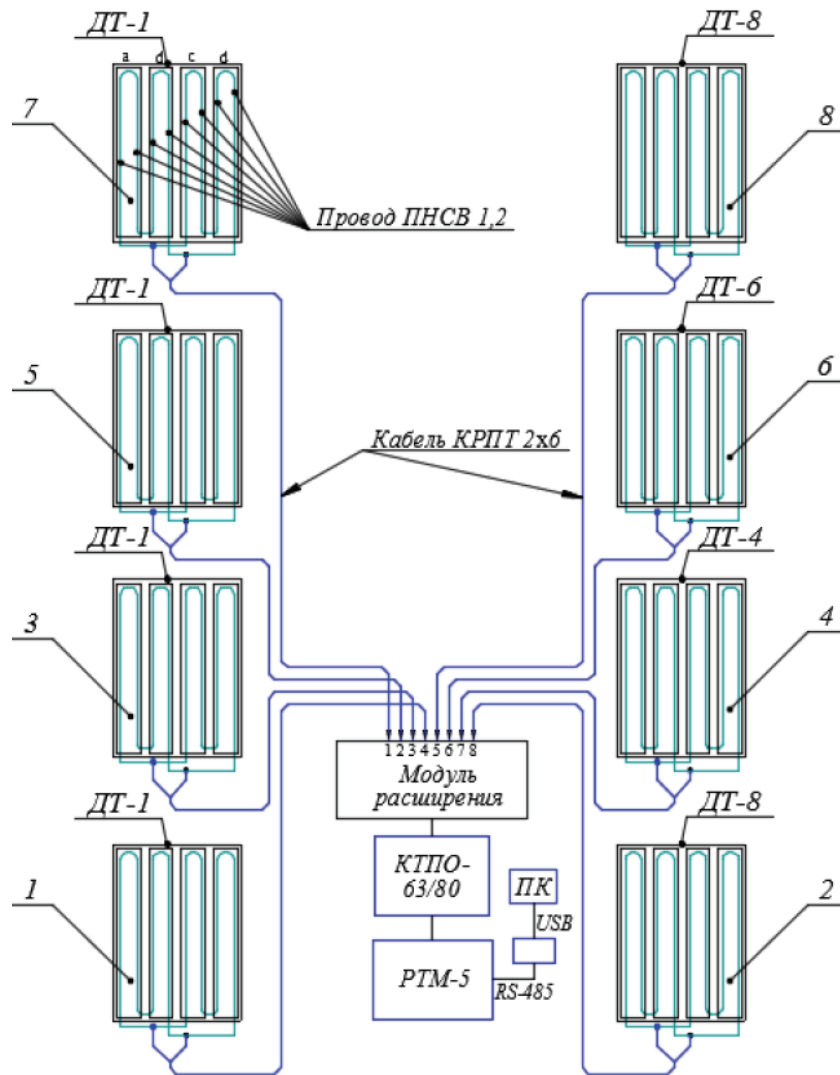


Рисунок 6 – Схема раскладки и подключения нагревательного провода при термообработке бетона.

(горизонтальная навивка); 2 – с навивкой нагревательного провода вдоль арматурного каркаса (вертикальная навивка)) в условиях строительной площадки на 100 м³ показали: продолжительность выполнения работ для 2 варианта увеличивается на 7 дней, что ведет к увеличению трудоемкости.

Основные технико-экономические показатели по возведению вертикальных монолитных конструкций в зимний период в условиях Донбасса позволили определить, что материалоемкость сокращается до 24 %, трудоемкость до 14 %, а продолжительность работ до 8% при вертикальной навивке нагревательного провода в сравнении с навивкой нагревательного провода вдоль арматурного каркаса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гныря, А. И. Технология бетонных работ в зимних условиях / А. И. Гныря. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 1984. – 280 с. – Текст : непосредственный.
2. Мозгалёв, К. М. Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования : специальность 05.23.08 «Технология и организация строительства» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мозгалёв Кирилл Михайлович ; «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). – Санкт-Петербург, 2013. – 21 с. : ил. – Библиогр.: с. 20–21. – Место защиты: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Текст : непосредственный.
3. Беркович, Л. А. Массовое жилищное строительство в России, чему учит история / Л. А. Беркович. – Текст : непосредственный // Доступное жилье гражданам России : материалы Всероссийской научно-практической конференции, 2006. – Челябинск. – С. 20–29.

4. Беркович, Л. А. Организационно-технологическое обеспечение процессов зимнего бетонирования жилых зданий / Л. Беркович. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. 2007. – № 6. – С. 15–16.
5. Золотухин, С. Н. Бетонирование при отрицательных температурах / С. Н. Золотухин, А. Н. Горюшкин. – Текст : непосредственный // Научный вестник ВГАСУ : материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология», 17–18 мая 2012 г. – Воронеж : Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – С. 81–85.
6. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с применением термоактивной опалубки / Д. Г. Имайкин, Р. А. Ибрагимов, М. М. Мартынов, А. Р. Сунгатуллина. – Текст : непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. 2014. – Т. 17. – № 24. – С. 96–98.
7. Корытов, Ю. А. Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов / Ю. А. Корытов. – Текст : непосредственный // Механизация строительства. – 2010. – № 3. – С. 14–20.
8. Лapidус, А. А. Потенциал эффективности организационно-технологических решений строительного объекта / А. А. Лapidус. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2014. – № 1. – С. 175–180.
9. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів : національний стандарт України : видання офіційне : затверджено від 20.08.2013 року № 393 : на заміну СНиП 1.04.03-85* : надано чинності 2014-01-01 / Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ). – Київ : Мінрегіон України, 2014. – 35 с. – Текст : непосредственный.
10. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : національний стандарт України : видання офіційне : затверджено наказом від 24.12.2009 № 680 : на заміну СНиП 2.03.01-84* : надано чинності 2009-12-24 / ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК). – Київ : Мінрегіонбуд, 2011. – 71 с. – Текст : непосредственный.
11. ДСТУ Б Д.2.2.-3:2008. СТУ Б Д.2.2-3:2008. Ресурсные элементные сметные нормы на строительные работы. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Бетонные работы (сборник 6) : национальный стандарт Украины : издание официальное : принят и введен в действие приказом Минрегионстроя Украины от 28.02.2008 № 102 : взамен ДБН Д.2.2-6-99 / Украинский государственный научно-исследовательский центр ценообразования в строительстве «Цінобуд». – Киев : Минрегионстрой Украины, 2008. – 15 с. – Текст : непосредственный.
12. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции : издание официальное : утверждено постановлением Госстроя СССР от 4 декабря 1987 г. № 280 : дата введения 1988-07-01 / ЦНИИОМТП Госстроя СССР; НИИЖБ Госстроя СССР; ВНИПИПромстальконструкцией Минмонтажспецстроя СССР [и др.]. – Москва : ФГУП ЦПП, 2007. – 192 с. – Текст : непосредственный.

Получена 26.11.2020

В. В. ТАРАН, А. В. ІХНО, С. Є. ГОЗУЛОВ
 ВИБІР ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ БЕТОНУВАННЯ
 ВЕРТИКАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ В ЗИМОВИХ УМОВАХ ДОНБАСУ
 ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Викладена актуальність роботи, аналіз раніше виконаних досліджень і розробок в області технології і організації будівельного виробництва, спрямованих на формування і вибір раціональних рішень щодо зведення вертикальних монолітних конструкцій в зимових умовах. Розкрито сутність і стан питання вибору методу зимового бетонування в умовах Донбасу. У статті викладена технологія прогріву бетону колон нагрівальними проводами із застосуванням системи автоматичного програмного регулювання процесів термообробки. Розроблено схему розкладки і підключення нагрівального дроту і алгоритм регулювання нагріву бетону колон при термообробці. Дана оцінка впливу чинників виробництва, що обмежують зведення конструкції. Наведено порівняльні показники щодо трудомісткості і тривалості зведення вертикальних конструкцій за різними схемами укладання нагрівального дроту із застосуванням системи автоматичного програмного регулювання процесів термообробки.

Ключові слова: термообробка, нагрівальні дроти, автоматизована система управління, техніко-економічні показники.

VALENTINA TARAN, ANNA IHNO, SERGEY GOZULOV
 THE CHOICE OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS
 FOR CONCRETING VERTICAL STRUCTURES IN THE WINTER CONDITIONS
 OF DONBAS
 Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The article describes the relevance of the work, the analysis of previously performed research and development in the field of technology and organization of construction production, aimed at the formation

and selection of rational solutions for the construction of vertical monolithic structures in winter conditions. The essence and state of the issue of choosing a method of winter concreting in the conditions of Donbas is revealed. The article describes the technology of heating the concrete of the columns with heating wires using a system of automatic programmed control of heat treatment processes. The layout and connection of the heating wire and the algorithm for regulating the heating of the concrete of the columns during heat treatment have been developed. An assessment of the influence of production factors limiting the construction of the structure is given. Comparative indicators on the labor intensity and duration of the construction of vertical structures for various schemes of laying the heating wire using the system of automatic software control of heat treatment processes are given.

Key words: heat treatment, heating wires, automated control system, technical and economic indicators.

Таран Валентина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

Ихно Анна Владимировна – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция и усиление строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений

Гозулов Сергей Евгеньевич – магистрант кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

Ихно Ганна Володимирівна – асистент кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: проектування, монтаж, експлуатація, технічна діагностика, оцінка технічного стану, реконструкція та підсилення будівельних металевих конструкцій, технологія та організація робіт при будівництві та реконструкції будівель та споруд

Гозулов Сергій Євгенович – магістрант кафедри технології та організації будівництва ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the effectiveness of the constructive-technological solutions at erection of monolithic wireframe civil buildings, reducing energy consumption, material, labor and cost of construction products.

Ihno Anna – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design, installation, operation, technical diagnostics, assessment of technical condition, reconstruction and strengthening of metal structures, technology and organization of work in the construction and reconstruction of buildings and structures.

Gozulov Sergey – Master's student, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the construction of monolithic frame civil buildings, by reducing the energy intensity, material intensity, labor intensity and cost of construction products.