Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2019, №4, Том 11 / 2019, No 4, Vol 11 https://esj.today/issue-4-2019.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/64SAVN419.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:
Юргайтис А.Ю., Царенко А.А. Возможности интенсификации строительного производства на объектах годовой программы работ за счет применения технологий зимнего бетонирования // Вестник Евразийской науки, 2019 №4, https://esj.today/PDF/64SAVN419.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:
Yurgaytis A.Yu., Tzarenko A.A. (2019). Possibilities for intensifying construction work's dynamic on objects of the annual production program by winter concreting technology. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 4(11). Available at: https://esj.today/PDF/64SAVN419.pdf (in Russian)

УДК 69

ГРНТИ 67.13.85

Юргайтис Алексей Юрьевич
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Преподаватель кафедры «Технологии и организация строительного производства»
E-mail: aljurgaitis@gmail.com
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=910048

Царенко Анна Алексеевна
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»
Санкт-Петербург, Россия
Ассистент кафедры «Организация строительства»
E-mail: annatsarenko1@yandex.ru

Возможности интенсификации строительного производства на объектах годовой программы работ за счет применения технологий зимнего бетонирования

Аннотация. В настоящей статье авторы проводят структурную декомпозицию строительно-монтажных работ при реализации крупных инвестиционно-строительных проектов на территории мегаполисов из монолитного железобетона (Москва, Санкт-Петербург). Особое внимание акцентируется на таком аспекте, как сезонность выполнения данных работ, а также – на особенностях организационно-технологических решений, связанных с влиянием пониженных температур на процессы гидратации цементного вяжущего в составе бетонной смеси. В статье приводится краткие научные и теоретические основы химизма цементного вяжущего при твердении и раскрываются принципиальные возможные пути минимизации внепланового приращения трудоёмкости и стоимости работ в эти периоды за счет оптимизации решений производственной программы строительно-монтажной организации на стадии годового (текущего) и недельно-суточного планирования. Авторами в развитие положений собственных диссертационных исследований анализируется взаимосвязь процессов рационального планирования и формирования планов работ по программе с реалиями строительной площадки и фактическими издержками, возникающими при проведении работ зимнего бетонирования и ухода за свежими монолитными конструкциями в условиях отрицательных температур окружающей среды. В качестве результата исследования авторами статьи описывается принципиальный алгоритм учета особенностей технологий зимнего бетонирования конструкций на стадии текущего планирования годовых производственных программ строительных организаций за счет превентивного приращения

необходимого количества трудового ресурса на интегральной эпюре движения рабочей силы по объектам программы работ либо за счет изменения технологии зимнего выдерживания и интенсификации твердения. Подобные решения на стадии рационального планирования позволяют избежать ряда деструктивных факторов, возникающих на производстве в связи с климатикой и сезонностью производства работ, что особо существенно сказывается на технологиях устройства монолитных железобетонных конструкций ввиду особенностей химизма цементного вяжущего при отрицательных температурах среды.

Ключевые слова: технология строительного производства; организация строительства; управление проектами; поточные методы производства работ; календарное планирование; зимнее бетонирование; технология бетонных работ; интенсификация бетонных работ; управление ресурсами; управление резервами

Строительная отрасль в Российской Федерации развивается из года в год и вместе с этим повышаются требования к строительным материалам, ведущее место среди которых занимают бетон и железобетон. При возведении крупномасштабных объектов возникает необходимость круглогодичного производства работ, в том числе выполнение бетонных работ при отрицательной температуре. Что касается, производства работ в зимнее время, то оно определяется не показаниями календаря, а температурными условиями – фазовыми переходами воды в твердое состояние, которое зависит от температуры воздуха и атмосферного давления. Во многих регионах РФ колебание температуры и давления являются частыми явлениями, которые предопределяют сложности в технологии строительного производства.

Актуальность работы определена не только географическим расположением Российской Федерации и климатическими условиями производства работ в большинстве регионов страны, но и социально-экономическими аспектами строительного рынка [1–4].

Прежде, чем рассматривать проблемы технологии, следует обратить внимание на физико-химические процессы, связанные с набором прочности бетона.

Набор прочности бетона является результатом гидратации минералов цементного клинкера, который представляется следующими уравнениями (1–4):

$$3CaO \cdot SiO_2 + (n+1)H_2O \rightarrow 2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O + Ca(OH)_2 \quad (1)$$

$$2CaO \cdot SiO_2 + nH_2O \rightarrow 2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O \quad (2)$$

$$3CaO \cdot Al_2O_3 + 6H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O \quad (3)$$

$$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 + (m+6)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O + CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot mH_2O \quad (4)$$

Однако, при отрицательной температуре, вода, перешедшая в твердую фазу (лед), перестает участвовать в реакции гидратации и набор прочности материала или не идет вовсе, или идет очень слабо.

Для нормального условия твердения температура бетонной смеси в момент заливки не должна быть ниже 5 °С. В процессе гидратации цементного клинкера выделяется тепло, за счет экзотермической реакции, которое увеличивает температуру смеси на 2–3 °С.

При среднесуточной температуре наружного воздуха ниже 5 °С и минимальной суточной температуре ниже 0 °С [2], учитывая необходимую температуру бетонной смеси для набора критической прочности, следует использовать специальные способы зимнего бетонирования по выдерживанию и прогреву уложенного бетона в конструкциях и сооружениях, возводимых на открытом воздухе.

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Выбор способа производства бетонных работ в зимнее время зависит от ряда факторов, а именно от: модуля поверхности конструкции и объема бетона, объемно-планировочного решения здания, характера армирования и температуры наружного воздуха. В каждом конкретном случае выбор способа должен быть обоснован технологическими и технико-экономическими расчетами [2].

Наиболее распространенные способы производства бетонных работ в зимнее время: способ термоса, бетонирование с применением противоморозных добавок, предварительный электроразогрев бетонной смеси, прогревные методы, а именно электродный прогрев, прогрев термоактивной опалубкой, прогрев стальной изолированной проволокой [2].

Прежде чем выдерживать бетонную смесь по одному из способов зимнего бетонирования, необходимо доставить смесь от завода-изготовителя до строительной площадки. Главной задачей при транспортировке бетонных смесей является сохранение реологических свойств, обеспечивающих ее удобоукладываемость.

В зимнее время бетонную смесь на заводе, как правило подогревают. В соответствии с СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»[1] допускается выдача бетонной смеси на портландцементе с температурой +35 °С. При температуре окружающего воздуха ниже 0 °С, например минус 10 °С, разница температур составляет 45 °С.

При перемешивании бетонной смеси в автобетоносмесителе, как в бетономешалке гравитационного действия, раскрываются большие площади свободной поверхности смеси. За счет большого перепада температур с постоянно обнажающихся свободных поверхностей бетонной смеси испаряется вода, что приводит к резкому изменению водоцементного отношения и потере подвижности бетонной смеси. Это, в свою очередь, вызывает сложности при укладке и уплотнении бетонной смеси и ухудшению качеств бетона.

По окончанию монтажа опалубки и установки арматуры, полости, которые будут забетонированы, необходимо укрыть брезентом и тентовой тканью, исключая попадание атмосферных осадков в виде снега и дождя. Для удаления наледи на арматуре и опалубке, которая появляется по причине отсутствия укрытия, следует применять продувной горячий воздух.

При подаче и укладке бетонной смеси необходимо свести к минимуму теплопотери и сохранить подвижность. Решающими факторами, влияющими на выбор способа подачи бетонной смеси, являются: объёмно-планировочные и конструктивные решения возводимого объекта и его конструктивного элемента; объем и интенсивность бетонирования. Основными факторами, которые необходимо выполнить при укладке бетонной смеси, являются:

- бетонная смеси должна быть уложена в опалубку и уплотнена до начала схватывания цемента, то есть до потери ее подвижности;
- после укладки и уплотнения бетонной смеси и с момента наступления начала схватывания цемента запрещается подвергать бетон вибрационным и другим механическим воздействиям. Это необходимо для образования прочной структуры камня и бетона.

В большинстве стран центральной Европы типовая схема распределения строительных объектов по годовой производственной программе работ имеет схожую структуру (см. рис. 1).

[1] СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями N 1, 3) Опубликован: официальное издание М.: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013 год. Дата принятия: 25 декабря 2012.

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

При этом значительная часть временного периода попадает в зону так называемого осенне–зимнего периода, для которого характерен отрицательный диапазон температур окружающей среды, а также особо опасное для строительных материалов в этом отношении явление – переход градиента температур через нулевую отметку (знакопеременное температурное воздействие на материалы и конструкции). В данном исследовании рассматривались исключительно строительные объекты программ, возведенные из монолитного железобетона (см. табл. 1), для которых очевидно наибольшее влияние природно-климатического фактора на организационно-технологические решения при их возведении. При этом возникает закономерный вопрос о необходимости учета такого влияния как в производственном ключе (зимой трудоемкость монолитных работ увеличивается за счет новых организационно-технологических решений), так и в экономическом. Так, необходимо рассмотреть несколько направлений учета влияния климатики на организационно-технологические (в первую очередь, это – трудоемкость и продолжительность) и экономические составляющие строительного проекта (см. табл. 2).

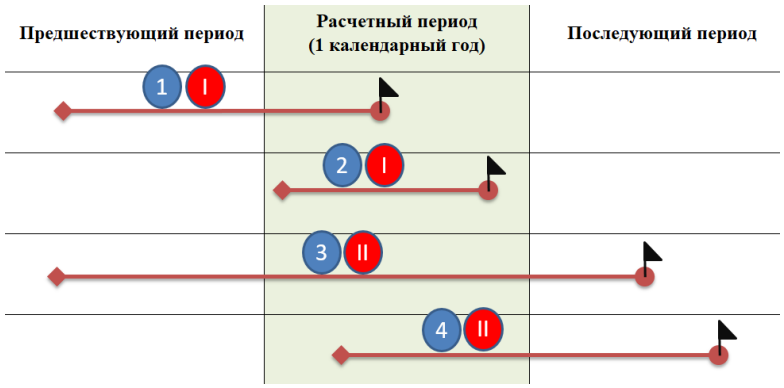

Рисунок 1. *Принципиальные типовые группы объектов производственной программы строительной организации: 1, 2, 3, 4 – порядковые номера типовых блоков (групп); I, II – категория объекта по критичности реализации сроков в соответствии с договорами строительного подряда (разработано автором)*

Таблица 1

Карточка-определитель объектов, задействованных в исследовании

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Функциональное назначение объекта	Здания непроизводственного назначения – жилые, административные
2	Конструктивный материал	Монолитный тяжелый железобетон
3	Этажность	15–28
4	Регион строительства	Центральная Европа

Разработано автором

Таблица 2

Анализ объектов, особо подверженных воздействию природно-климатических факторов в осенне-зимний период при отрицательных температурах окружающей среды

№ п/п	Наименование направления учета зимнего приращения	Объекты учета зимнего приращения	Уровень ответственности	Способ учета зимнего приращения (Компенсационная мера)
1	Организационно-технологический параметр (трудоемкость)	● Ведомости объемов работ ● Ведомости материально-технических ресурсов ● Калькуляция трудозатрат	Организационно-технологическое проектирование (Проекты производства работ; Технологические карты)	Учет возможен при аккуратном расчете трудоемкости с применением соответствующих справочников технического нормирования

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

№ п/п	Наименование направления учета зимнего приращения	Объекты учета зимнего приращения	Уровень ответственности	Способ учета зимнего приращения (Компенсационная мера)
2	Организационно-технологический параметр (продолжительность выполнения работ)	● Календарные планы и графики ● Сетевые модели	Организационно-технологическое проектирование (Проекты производства работ; Технологические карты); Планово-производственный (производственная программа)	Учет возможен при аккуратном расчете трудоемкости с применением соответствующих справочников технического нормирования
3	Организационно-технологический параметр (плотность распределения трудового ресурса)	● Графики движения рабочей силы (эпюры)	Планово-производственный (производственная программа)	**Не нормировано. Детерминированной методики не существует**
4	Сметная стоимость проекта	● Локальные сметы ● Объектные сметы ● Сводный сметный расчет	Планово-экономический	Предусмотрены коэффициенты зимнего удорожания (до 25 % от сметной стоимости строительно-монтажных работ)

Разработано автором

Как видно из аналитического анализа (см. табл. 2) сегодняшней ситуации, фактическое и очевидное увеличение трудоемкости выполнения работ в зимнее время (с учетом особенностей технологий зимнего бетонирования) компенсируется исключительно на стадии сметных расчетов путем ввода дополнительного повышающего коэффициента – коэффициента зимнего удорожания. Данная компенсационная мера, по сути, и дает то приращение к трудоемкости и продолжительности выполнения работ за счет введения в производственный цикл дополнительных процессов и заказа дополнительных материалов и оборудования. Однако с точки зрения планирования остается незакрытым следующий вопрос – как корректно и комплексно учесть данные обстоятельства в производственной программе.

При рассмотрении широкого спектра факторов, оказывающих значимое воздействие на продолжительность и трудоемкость реализации объектов в составе производственной программы, эксперты с требуемым уровнем согласованности мнений называют природно-климатический фактор [5–12]. Однако его весовая характеристика принимает наименьшее значение, что могло бы свидетельствовать о возможности исключения данного фактора из регрессионной модели годовой производственной программы. Трактовать экспертное исследование в данном случае надлежит следующим образом. Природно-климатические явления безусловно оказывают воздействие на продолжительность и трудоемкость выполнения строительно-монтажных работ, однако с учетом наличия соответствующих отработанных технологий, не представляют большой проблемы для подразделений. При этом для характерных объектов и соответствующих климатических зон плановые службы должны предусмотреть такое сочетание факторов, при котором уравнение регрессии будет учитывать, как базово действующую основу, так и дополнительный фактор – климатику, в определенные периоды своего действия имеющую существенное влияния на строительный процесс (см. табл. 3).

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Таблица 3

Регрессионный анализ факторов производственной программы

Регрессионный анализ / Форма представления	Номер сочетания	Базовые слагаемые уравнения регрессии	Дополнительные значимые уравнения регрессии для объектов, строящихся при отрицательной температуре среды
Символьная форма	I	$Q = a0 + a1 \cdot F_3 - a2 \cdot F_4$	$a3 \cdot F_5$ (природно-климатический фактор)
Числовая форма	I	$Q = (-532) \cdot 10^5 + 514 \cdot F_3 \cdot 10^5 - 453 \cdot F_4 \cdot 10^2$	$184 \cdot F_5 \cdot 10^4$ (природно-климатический фактор)

Разработано автором

Также, при формировании эпюры движения рабочей силы по объектам необходимо предусмотреть различия в звеньях (см. табл. 4) и бригадах рабочих, обусловленные новой потребной специальностью.

Таблица 4

Квалификационный и численный состав звена рабочих на 1 м^3 монолитного бетона в деле

№ п/п	Квалификационный состав звена	Численный сосав звена		Буквенное обозначение в математической модели
		Звено устройства монолитных конструкций	Звено устройства монолитных конструкций в условиях отрицательных температур окружающей среды	
1	Монтажники (Опалубочные работы)	2	2	R1
2	Бетонщики (Бетонные работы)	2	2	R2
3	Машинист	1	1	R3
4	Арматурщики	3	3	R4
5	Электромонтеры	0	3	R5
	ИТОГО	**8**	**11**	
		Коэффициент совмещения рабочих – 15 %		

Разработано автором

Далее оптимизация по ведущему потоку производится согласно предложенным методикам, соблюдая основополагающее условие (5):

$$\sum_{i=1}^{n} \sum R_{ij}^{\text{треб}} \leq \sum \sum R_{ij}^{\text{план}} \quad (5)$$

где

$R_{ij}^{\text{треб}}$ – требуемая величина ресурса по результатам расчетов эпюр движения рабочей силы;

$R_{ij}^{\text{план}}$ – плановая мощность строительной организации;

n – количество объектов;

i – порядковый номер объекта;

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

m – количество требуемых специальностей рабочих профессий;

j – порядковый номер специальности.

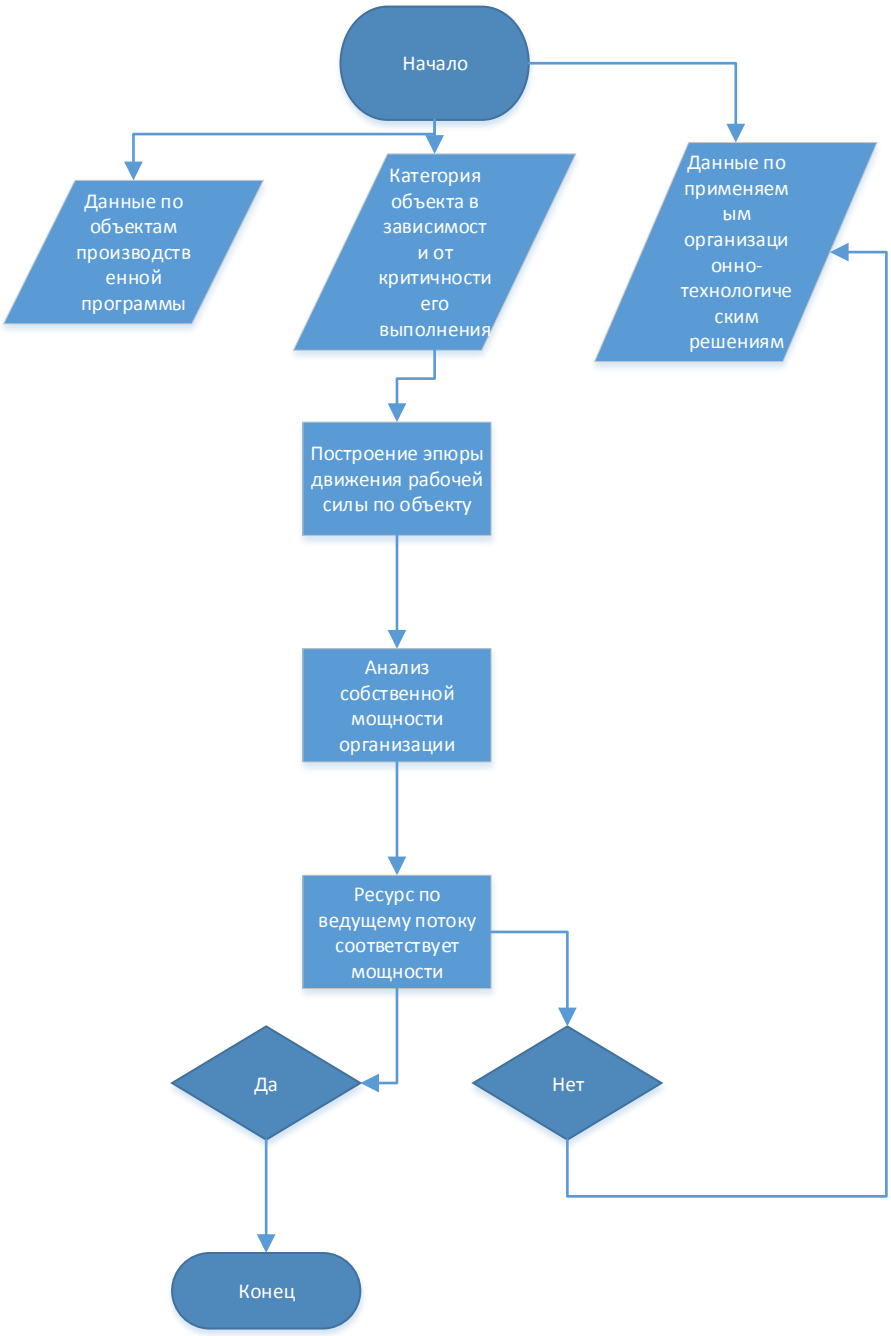

Рисунок 2. *Принципиальный алгоритм (разработано автором)*

Приведенный выше алгоритм (рис. 2), очевидно, рассматривает частный случай возможности изменения применяемой технологии для оптимизации производственной программы строительной организации. При этом он наглядно показывает потенциал дальнейшего применения и исследований в части регулирования трудового ресурса по ведущему потоку с учетом плановой численности рабочих в строительной организации на конец года.

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

ЛИТЕРАТУРА

1. Колчеданцев Л.М. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование: Монография / Л.М. Колчеданцев, А.П. Васин, И.Г. Осипенкова, О.Г. Ступакова. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 280 с.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов – М.: АСВ, 2003. – 500 с.
3. Лучинина А.А., Юдина А.Ф. Кинетика нарастания прочности бетона в построечных условиях // Актуальные проблемы строительства: материалы 68 Международной практической конференции студентов. СПб.: 2015. С. 340–343.
4. Колчеданцев Л.М., Царенко А.А. Расширение границ применимости способа термоса // Петербургская школа поточной организации строительства: I Всероссийская научно-практическая конференция. СПб.: 2018. С. 70–73.
5. Юргайтис А.Ю., Зуева А.В., Бабушкин Е.С., Зеленцов А.А. формирование организационно-технологических решений как фактора интенсификации проектов производственных программ строительных предприятий // Инновации и инвестиции. 2019. № 5. С. 227–231.
6. Марченко В.А., Миронов Д.А. Распределение трудовых ресурсов строительной организации по объектам производственной программы // В сборнике: Дни студенческой науки Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов института строительства и архитектуры. 2019. С. 1373–1375.
7. Олейник П.П., Юргайтис А.Ю. Понятие годового производственно-экономического плана строительного предприятия // БСТ: Бюллетень строительной техники. 2019. № 4 (1016). С. 30–32.
8. Олейник П.П., Вотякова О.Н. Особенности календарного планирования при реконструкции линий электропередач // Научное обозрение. 2014. № 11–1. С. 339–341.
9. Олейник П.П. Управление резервами роста производительности труда // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 4. С. 78–82.
10. Чулков В.О., Казарян Р.Р. Прикладные направления гармонизации устройства функциональных систем "человек-техника-среда" // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 12. С. 52–54.
11. Чулков В.О., Мареев С.В., Коротков Д.Ю. Композиционная модель комплексной надежности системы "человек-техника-среда" // Промышленное и гражданское строительство. 2008. № 11. С. 56.

64SAVN419
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Yurgaytis Alexey Yur′evich
Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russian
E-mail: aljurgaitis@gmail.com

Tzarenko Anna Alekseevna
Saint Petersburg state university of architecture and civil engineering, Saint Petersburg, Russia
E-mail: annatsarenko1@yandex.ru

Possibilities for intensifying construction work's dynamic on objects of the annual production program by winter concreting technology

Abstract. In this article, the authors carry out a structural decomposition of construction and installation works during the implementation of large investment and construction projects in the cities of monolithic reinforced concrete (Moscow, St. Petersburg). Particular attention is paid to such an aspect as the seasonality of the performance of these works, as well as to the peculiarities of organizational and technological solutions related to the effect of low temperatures on the hydration processes of cement binder in the concrete mix. The article provides a brief scientific and theoretical basis of the chemistry of cement binder during hardening and reveals the principal possible ways to minimize the unplanned increment of labor input and cost of work during these periods by optimizing the decisions of the production program of the construction and installation organization at the annual (current) and weekly-day planning stages. In developing the provisions of their own dissertation studies, the authors analyze the relationship between the processes of rational planning and the formation of work plans for the program with the realities of the construction site and the actual costs that arise during winter concreting and caring for fresh monolithic structures in conditions of negative ambient temperatures. As a result of the study, the authors of the article describe a basic algorithm for taking into account the peculiarities of technologies for winter concreting of structures at the stage of ongoing planning of annual production programs of construction organizations due to the preventive increment of the required amount of labor resources on the integrated diagram of the movement of labor for objects of the work program or due to changes in the technology of winter aging and hardening intensification. Such decisions at the stage of rational planning make it possible to avoid a number of destructive factors arising in the production due to the climate and seasonality of work, which especially affects the technologies for constructing monolithic reinforced concrete structures due to the peculiarities of the cement binder chemistry at low ambient temperatures.

Keywords: building technology; organization of construction; project management; stream production methods; scheduling; winter concreting; concrete technology; intensification of concrete work; resource management; reserve management