



Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru



doi: 10.18720/CUBS.67.1

Зимнее бетонирование плит перекрытий

Winter concreting of floor slabs

А.В. Бушманова^{1*}, К.В. Семенов², В.К. Коровина³

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-
Петербург, Политехническая ул., 29

A.V. Bushmanova^{1*}, K.V. Semenov², V.K. Korovina³

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29
Politehnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

зимнее бетонирование;
греющий провод;
температурное поле;
набор прочности;
железобетонные конструкции;
строительный период;

KEYWORDS

winter concreting;
heating wire;
temperature field;
development of strength;
reinforced concrete structures;
construction period;

ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 26.10.2017
Принята: 22.06.2018

ARTICLE HISTORY

Submitted: 26.10.2017
Accepted: 22.06.2018

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена анализу современных методов и технологий бетонирования монолитных конструкций в зимних условиях и исследованию процесса набора прочности бетона на примере плиты перекрытия. Ввиду климатических условий на территории России проблема создания оптимальных температурных условий для набора прочности бетона в зимний период строительства особенно актуальна. В статье рассматриваются нестационарные температурные поля в блоке бетонирования при различных температурах окружающего воздуха, толщинах слоя теплоизоляции на верхней поверхности блока и режимах электрообогрева на нижней поверхности в зимний период. Авторами установлено, что при невыполнении специальных технологических мероприятий по регулированию температуры бетонного массива невозможно обеспечить режим выдерживания уложенной в конструкцию бетонной смеси, позволяющий ей набрать критическую прочность. При этом моделирование набора прочности бетона в программе позволяет получить наиболее полную картину температурных полей, производить быстрый подбор оптимальных параметров бетонирования.

ABSTRACT

The article deals with the analysis of modern methods and technologies of concreting of monolithic structures and research of the development of concrete strength in reinforced concrete floor slab during the building period in wintertime. In view of climatic conditions on the Russian territory, the problem of development of concrete strength during the building period in wintertime are particularly topical. The article examines the non-steady temperature fields in concreting section under different ambient temperature, thickness of thermal insulation on the top face of concreting section and electric heating mode on lower face during winter concreting. The article authors determined that it is impossible to provide the optimal temperature of the concrete mixture to gain in critical strength without special job practice. Simulation the development of concrete strength in the program allows you to get the most complete picture of temperature fields, to make a quick selection of the optimal parameters of concreting.

Содержание

1.	Введение	8
2.	Методы и материалы	8
3.	Результаты исследования	10
4.	Обсуждение	15
5.	Заключение	15

1. Введение

Одной из основных проблем строительного периода, связанных с применением бетона и железобетона, является проблема эффективного бетонирования. Важнейшим из условий эффективного бетонирования является температурный режим твердения бетона, получаемый различными приемами, исходя из реальных условий, которые существуют или могут быть созданы на конкретном объекте [1-4]. Изменение температурного состояния конструкций в строительный период происходит вследствие выделения теплоты гидратации цемента, колебаний температуры наружного воздуха, солнечной инсоляции, технологических факторов и др. [5-10].

При любом способе производства бетонных работ, бетон следует предохранять от замерзания до приобретения им критической прочности [11-13]. Критическая прочность бетона – прочность бетона в процентах от прочности, соответствующей проектному классу бетона после достижения, которой бетон может быть заморожен без снижения его прочности и других показателей в процессе последующего твердения после оттаивания.

Оптимальной температурой среды для твердения бетона условно считается 15...20⁰С (нормальные условия). При пониженной температуре прочность бетона нарастает медленнее, чем при оптимальной. При температуре бетона ниже 0⁰С твердение практически прекращается, так как замедляется процесс гидратации цемента [3, 14-15]. В зимний период наблюдаются частые переходы температуры через 0⁰С, что непосредственно отражается на твердении бетона. Результаты лабораторных испытаний показывают, что замораживание бетона в раннем возрасте приводит к потере прочности, примерно на 40%, которая не восстанавливается при последующем твердении в условиях положительной температуры. Замораживание бетона после набора критической прочности практически не отражается на его механических характеристиках [16]. Поэтому в зимнее время применяются специальные способы производства работ, обеспечивающие ускоренное твердение бетона, чтобы бетон к моменту замерзания успел набрать минимум 50% проектной прочности.

Методы зимнего бетонирования:

- использование добавок, в том числе противоморозных [17-22];
- регулирование температуры подаваемой бетонной смеси (выдерживание бетона способом термоса) [23-25];
- проведение бетонных работ во временном укрытии (тепляке);
- установка теплоизоляции на поверхности бетонного блока [26];
- электротермообработка бетона (электродный прогрев, индукционный нагрев, метод греющего провода и т.п.) [27-29];
- термоактивная опалубка и инфракрасный обогрев бетона [30-33].

Таким образом, при бетонировании в зимних условиях, решается следующая важная технологическая задача: обеспечение тепло-влажностного режима выдерживания уложенной в конструкцию бетонной смеси, позволяющий ей в максимально короткие сроки набрать заданную прочность с возможностью восприятия расчетной нагрузки [34-37].

Цель данной статьи – анализ современных методов и технологий бетонирования монолитных конструкций в зимних условиях и исследование процесса набора прочности бетона на примере плиты перекрытия, в частности, тепло-влажностного режима выдерживания уложенной в конструкцию бетонной смеси. Необходимо решить ряд задач:

1. Анализ существующего комплекса технологических решений производства бетонных работ в зимних условиях, позволяющих обеспечить заданный температурный режим и экономическую эффективность всего процесса;
2. Выбор расчетной модели конструкции для численных экспериментов;
3. Анализ работы элементарного объема бетона в произвольном сечении плиты.

2. Методы и материалы

Исследуется процесс бетонирования плиты перекрытия, которое осуществляется зимой, при отрицательных температурах воздуха, под прикрытием тепляка. Верхняя поверхность бетонной плиты укрывается специальной теплоизоляцией, на нижней поверхности – электрообогрев. Требуется назначить безопасные (в смысле обеспечения непромораживания бетона) сроки демонтажа специальной

теплоизоляции и тепляка, отключения электрообогрева; толщину теплоизоляции в зависимости от температуры окружающего воздуха.

Расчет нестационарных температурных полей выполнялся в программе TERM, разработанной на кафедре строительных конструкций и материалов СПбПУ [38-41].

Основные данные для описания и расчета распространения тепла:

1. Плита перекрытия толщиной 200 мм;
2. Характеристики бетона:
 - Класс бетона по прочности на сжатие: В25;
 - Марка бетона по морозостойкости: F150;
 - Класс бетона по водонепроницаемости: W4;
 - Коэффициент теплопроводности: $\lambda=2,67 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$;
 - Удельная теплоемкость: $1,0 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$;
3. Начальные условия: температура подаваемой бетонной смеси: $(+12 \text{ }^\circ\text{C})$;
4. Температура внешней среды: $-5 \text{ }^\circ\text{C}$; $-10 \text{ }^\circ\text{C}$; $-20 \text{ }^\circ\text{C}$; $-30 \text{ }^\circ\text{C}$;
5. Условия обмена тепла на поверхности: на поверхностях плиты перекрытия рассмотрены граничные условия III рода (учет возможности наличия или отсутствия теплоизоляции на поверхности или же наличие тепляка);
6. Экзотермия цемента: максимальное тепловыделение цемента $Q_{\text{max}}=1,66\cdot 10^5 \text{ кДж}/\text{м}^3$, коэффициент темпа роста тепловыделения при 20°C $A_{20}=1\cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$; $1/(m-1)=0,833$.

Принципиальная расчетная модель-схема приведена на рисунке 1, параметры расчета – в таблице 1;

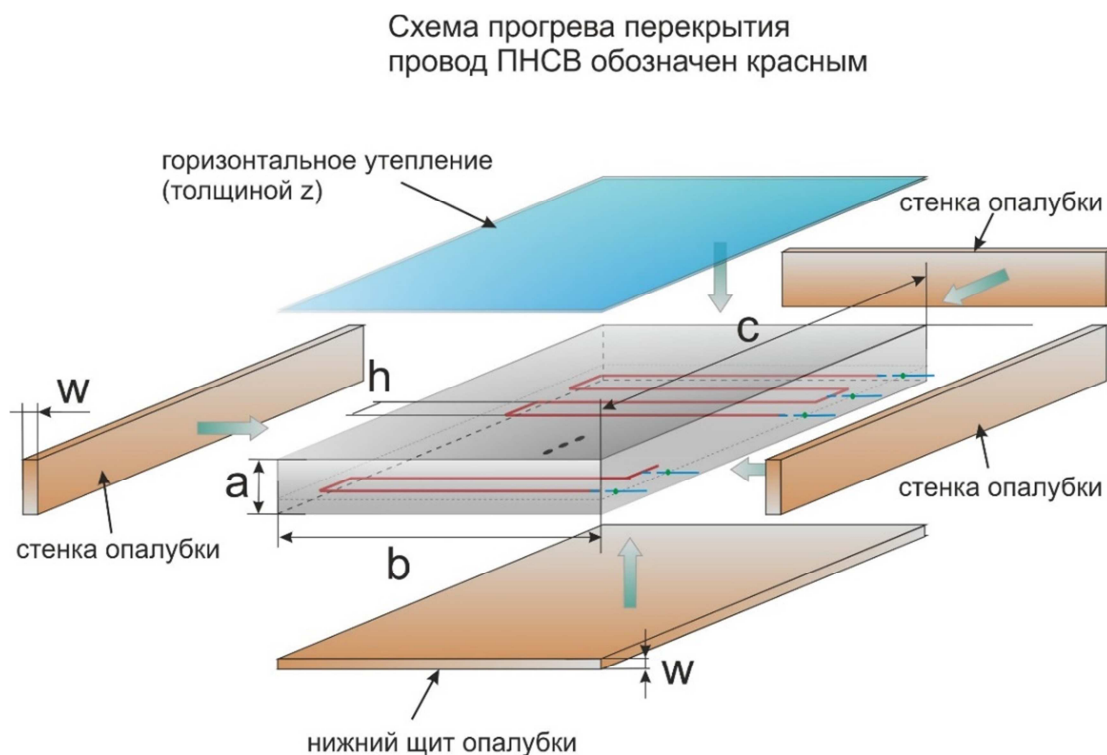


Рисунок 1. Принципиальная расчетная модель-схема бетонирования плиты перекрытия в строительный период зимой [42]

Таблица 1. Параметры расчета

	Температура окр.возд., °С	Температура бетонной смеси, °С	Время снятия тепляка, сут. после укладки смеси	Теплоизоляция Этафом, мм	Время снятия теплоизоляции сут. после укладки смеси	Температура прогрева, °С	Время отключения электропрогрева сут. после укладки смеси
1	-10	+12	1	20	8	+5	8
2	-10	+12	1	20	8	+25	8
3	-20	+12	1	20	8	+25	8
4	-30	+12	1	20	8	+25	8
5	-30	+12	1	30	8	+25	8
6	-5	+12	1	10	8	+25	8

Производство железобетонных работ в плоских тепляках

Арматуру и опалубку перекрытия укладывают на открытом воздухе и закрывают сверху. Образующееся замкнутое пространство начинают обогревать за сутки до укладки бетона. При бетонировании перекрытия каждая забетонированная часть его должна быть снова покрыта брезентом или соломитовыми матами, укладываемыми по доскам на ребро. Между верхом плиты и тепло ограждением промежутков должен составлять около 20 мм. Для доступа тепла в получаемое пространство в нижней части опалубки и бетоне плит устраивают отверстия, через которые поступает теплый воздух или пар и обогревает верхнюю поверхность плиты. Температура внутри тепляка +5 °С.

Электропрогрев бетона

Среди известных методов зимнего бетонирования наиболее эффективным считается электродный прогрев в силу надежности и простоты монтажа, более высокой на 10-12% тепловой эффективности при сквозном прогреве бетона протяженных конструкций струнными электродами, быстрое достижение повышенных температур с более равномерным распределением температурных полей [4, 27, 30].

Для электропрогрева бетона при зимнем бетонировании используют различные марки нагревательных проводов: ПНСВ, ПГПЖ, ПНВЖ. Рассмотрим способ прогрева бетона проводом ПНСВ (П – провод, Н – нагревательный, С - стальная жила, В - ПВХ изоляция). Провод для прогрева бетона ПНСВ – это токопроводящая жила, которая обладает изоляционным покрытием. Защита может быть выполнена из полиэстера или поливинилхлорида.

Для прогрева бетона проводом ПНСВ его погружают в бетон [27-29], после подают напряжение. Провод ПНСВ равномерно распределяется витками по площади прогрева шагом 2,5-20 см, в зависимости от места прогрева бетона.

3. Результаты исследования

1. Температура бетонной смеси: (+12 °С). Температура окружающей среды: (-10 °С). Через 1 сутки тепляк и опалубка снимаются, на верхнюю поверхность укладывается теплоизоляция: Этафом; включается электрообогрев. Температура на греющей сетке: (+5 °С). Через 8 суток снимается теплоизоляция и отключается электрообогрев.

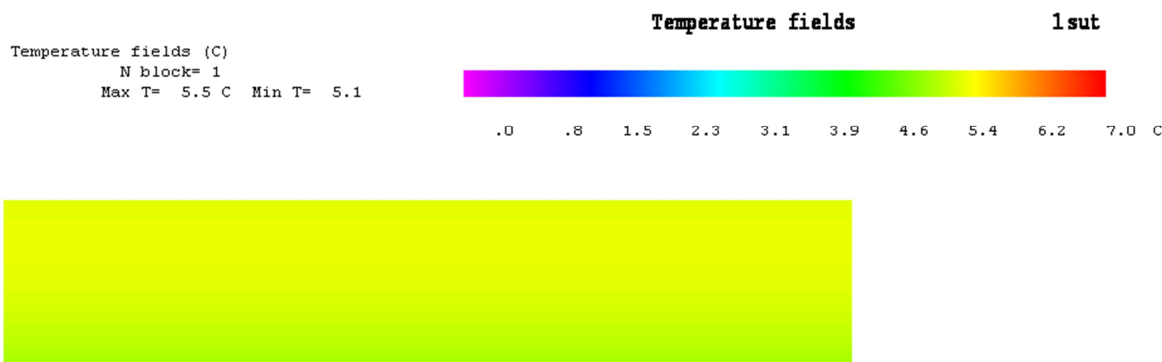


Рисунок 2. Поле температур на 1 сутки после укладки смеси (0С)

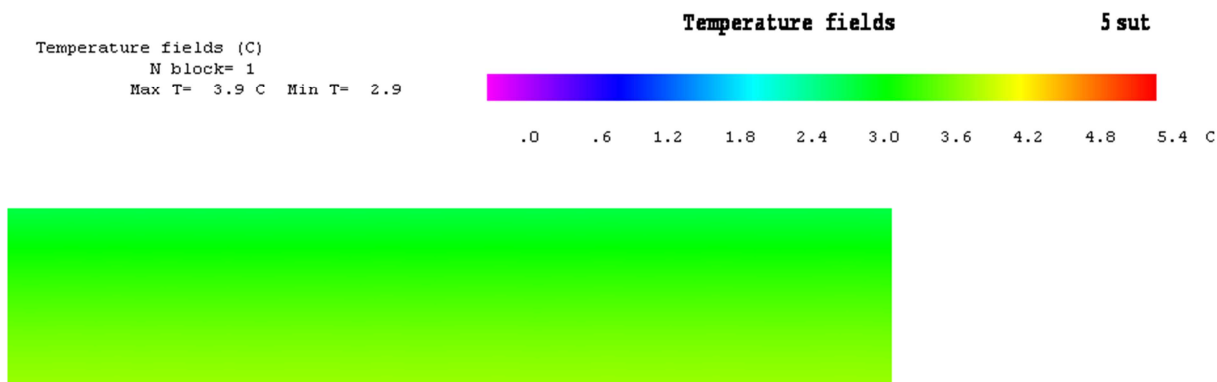


Рисунок 3. Поле температур на 5 сутки после укладки смеси (0С)

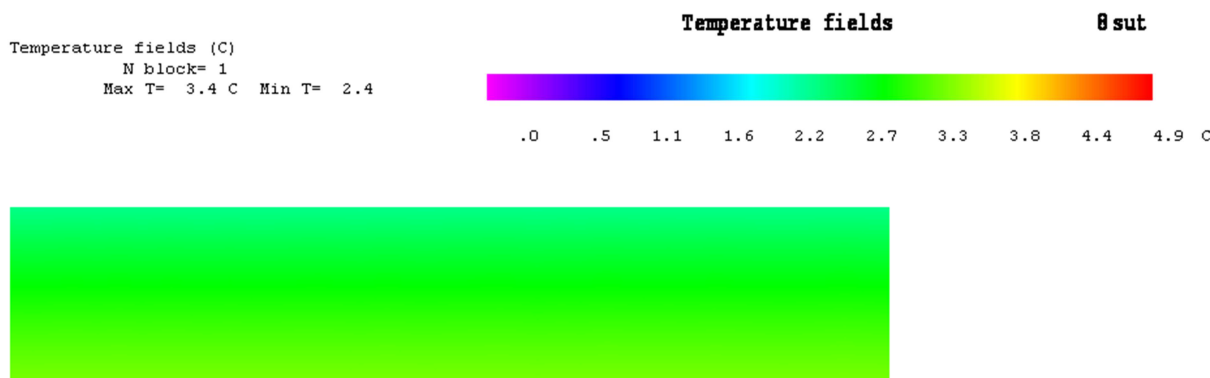


Рисунок 4. Поле температур на 8 сутки после укладки смеси (0С)

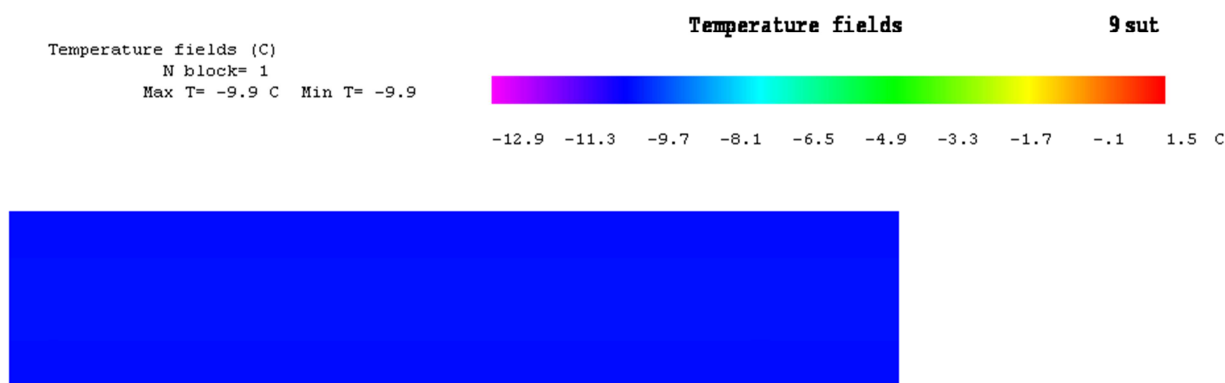


Рисунок 5. Поле температур на 9 сутки после укладки смеси (0С)

Анализ показывает, что в течение первых 8 суток поддерживаемая температура мала, что негативно скажется на наборе прочности бетоном. Требуемая средняя температура массива: не ниже (+20 °С).

2. Температура бетонной смеси: (+12 °С). Температура окружающей среды: (-10 °С). Через час после укладки включается электрообогрев. Температура на греющей сетке: (+25 °С). Через 1 сутки тепляк и опалубка снимаются, на верхнюю поверхность укладывается теплоизоляция: Этафом (20 мм). Через 8 суток снимается теплоизоляция и отключается электрообогрев.

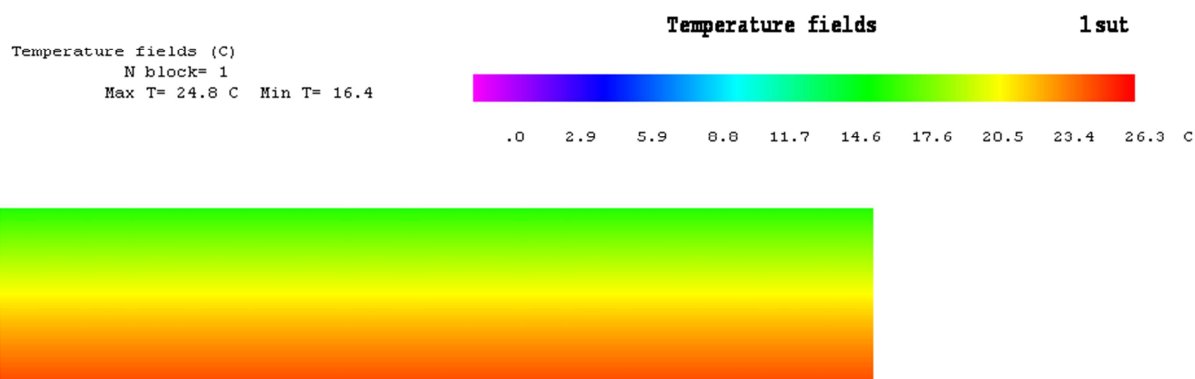


Рисунок 6. Поле температур на 1 сутки после укладки смеси (0С)

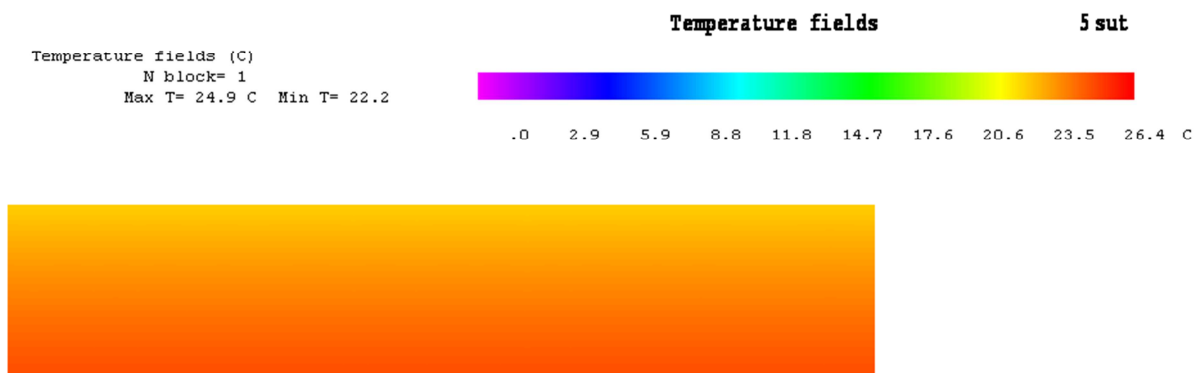


Рисунок 7. Поле температур на 5 сутки после укладки смеси (0С)

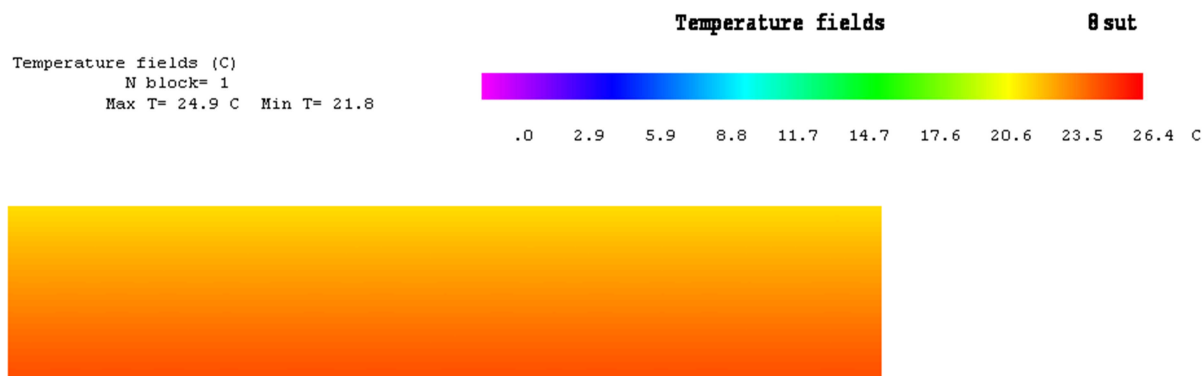


Рисунок 8. Поле температур на 8 сутки после укладки смеси (0С)

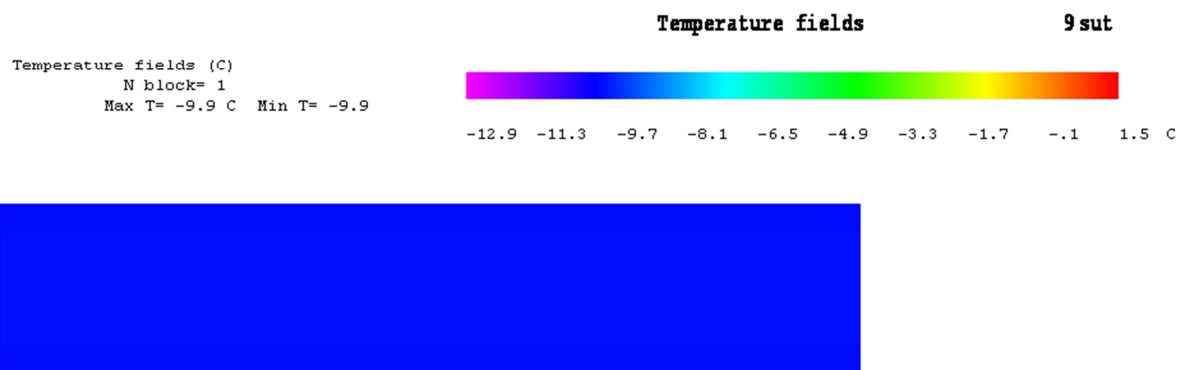


Рисунок 9. Поле температур на 9 сутки после укладки смеси (0С)

Анализ показывает, что в течение первых 8 суток плита не промерзает, поддерживается температура (нормальные условия $\approx (+20\text{ }^{\circ}\text{C})$), обеспечивающая оптимальные условия для набора прочности бетоном.

3. Температура бетонной смеси: $(+12\text{ }^{\circ}\text{C})$. Температура окружающей среды: $(-20\text{ }^{\circ}\text{C})$. Через час после укладки включается электрообогрев. Температура на греющей сетке: $(+25\text{ }^{\circ}\text{C})$. Через 1 сутки тепляк и опалубка снимаются, на верхнюю поверхность укладывается теплоизоляция: Этафом (20 мм). Через 8 суток снимается теплоизоляция и отключается электрообогрев.

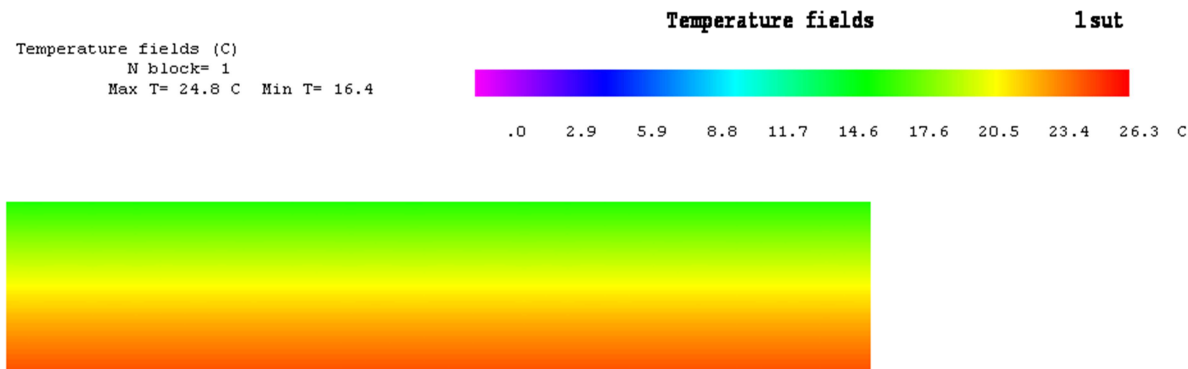


Рисунок 10. Поле температур на 1 сутки после укладки смеси (0С)

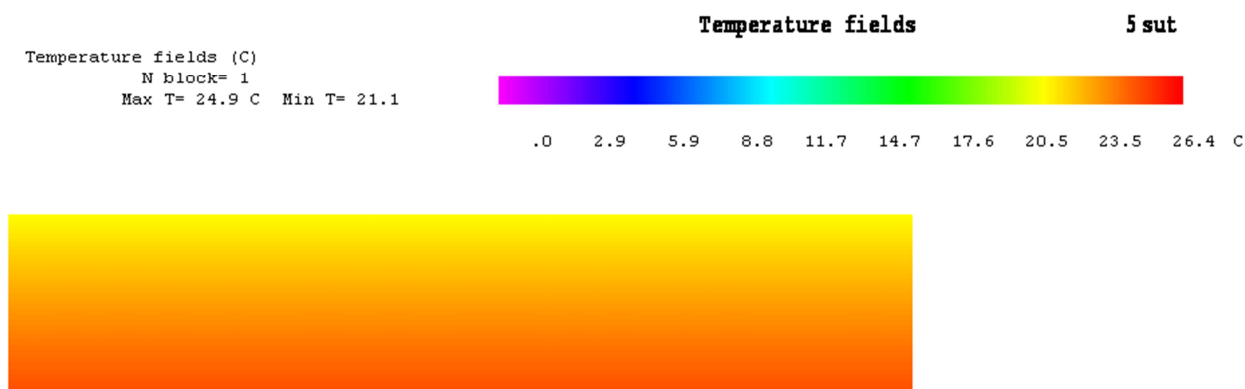


Рисунок 11. Поле температур на 5 сутки после укладки смеси (0С)

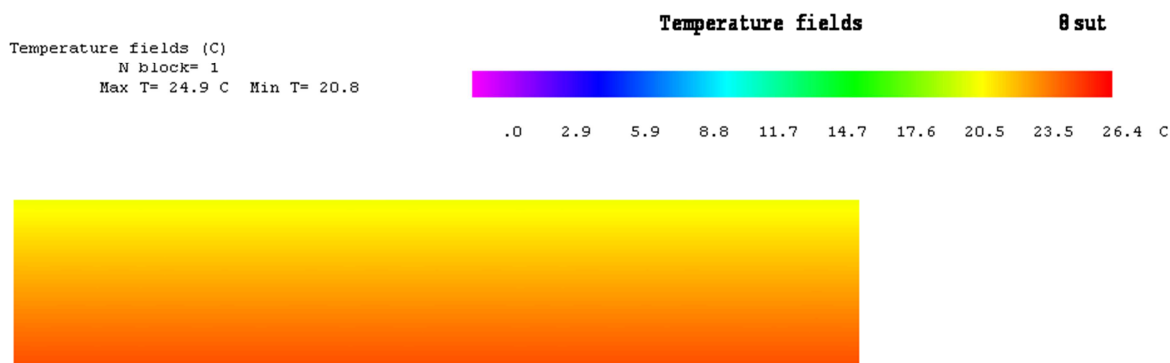


Рисунок 12. Поле температур на 8 сутки после укладки смеси (0С)

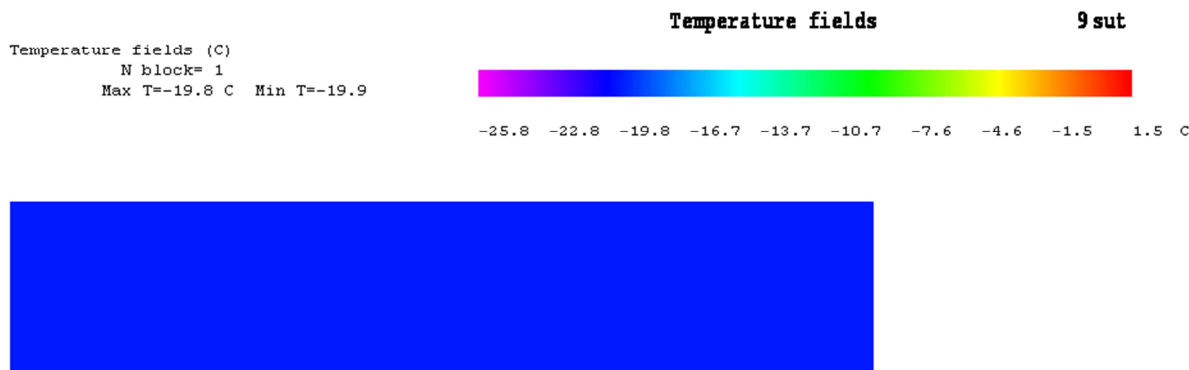


Рисунок 13. Поле температур на 9 сутки после укладки смеси (0С)

Анализ показывает, что в течение первых 8 суток плита не промерзает, поддерживается температура (нормальные условия $\approx (+20\text{ }^{\circ}\text{C})$), обеспечивающая оптимальные условия для набора прочности бетоном.

4. Температура бетонной смеси: $(+12\text{ }^{\circ}\text{C})$. Температура окружающей среды: $(-30\text{ }^{\circ}\text{C})$. Через час после укладки включается электрообогрев. Температура на греющей сетке: $(+25\text{ }^{\circ}\text{C})$. Через 1 сутки тепляк и опалубка снимаются, на верхнюю поверхность укладывается теплоизоляция: Этафом (20 мм). Через 8 суток снимается теплоизоляция и отключается электрообогрев.

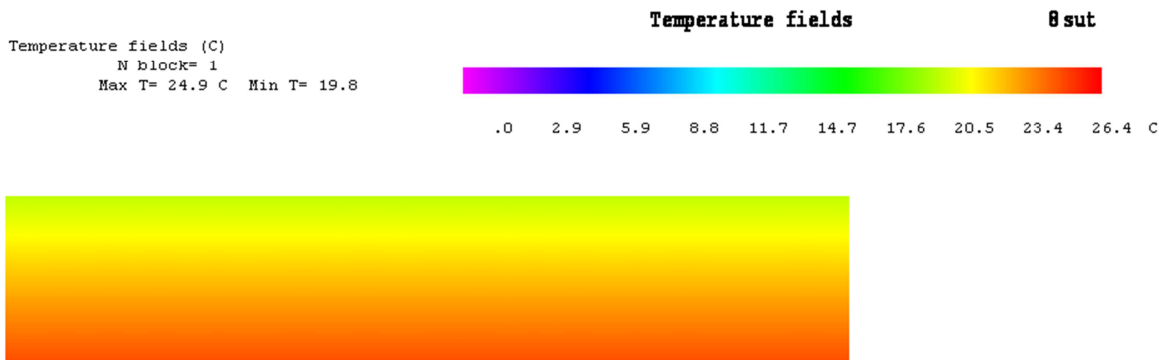


Рисунок 14. Поле температур на 8 сутки после укладки смеси (0С)

Анализ показывает, что в течение первых 8 суток плита не промерзает, поддерживается температура (нормальные условия $\approx (+20\text{ }^{\circ}\text{C})$), обеспечивающая оптимальные условия для набора прочности бетоном.

5. Температура бетонной смеси: $(+12\text{ }^{\circ}\text{C})$. Температура окружающей среды: $(-30\text{ }^{\circ}\text{C})$. Через час после укладки включается электрообогрев. Температура на греющей сетке: $(+25\text{ }^{\circ}\text{C})$. Через 1 сутки тепляк и опалубка снимаются, на верхнюю поверхность укладывается теплоизоляция: Этафом (30 мм). Через 8 суток снимается теплоизоляция и отключается электрообогрев.

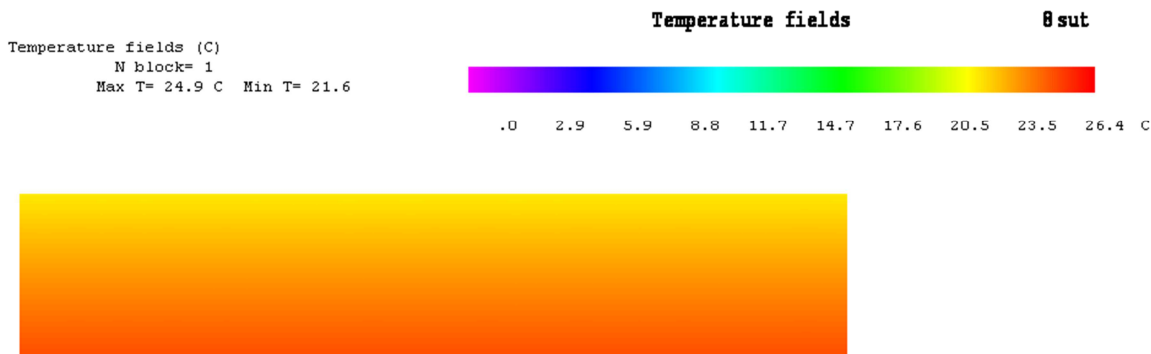


Рисунок 15. Поле температур на 8 сутки после укладки смеси (0С)

Анализ показывает, что в течение первых 8 суток плита не промерзает, поддерживается температура, достигнутая путем увеличения толщины теплоизоляции (нормальные условия $\approx (+20^{\circ}\text{C})$), обеспечивающая оптимальные условия для набора прочности бетоном.

6. Температура бетонной смеси: $(+12^{\circ}\text{C})$. Температура окружающей среды: (-5°C) . Через час после укладки включается электрообогрев. Температура на греющей сетке: $(+25^{\circ}\text{C})$. Через 1 сутки тепляк и опалубка снимаются, на верхнюю поверхность укладывается теплоизоляция: Этафом (10 мм). Через 8 суток снимается теплоизоляция и отключается электрообогрев.

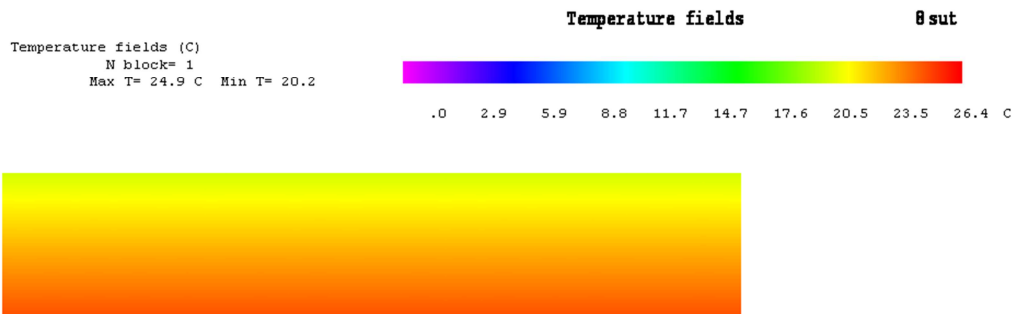


Рисунок 16. Поле температур на 8 сутки после укладки смеси (0С)

Анализ показывает, что в течение первых 8 суток плита не промерзает, поддерживается температура (нормальные условия $\approx (+20^{\circ}\text{C})$), обеспечивающая оптимальные условия для набора прочности бетоном.

4. Обсуждение

Качество и безопасность монолитных железобетонных конструкций, возводимых в зимних условиях, главным образом зависят от технологий производства [11-13]. При любом способе производства бетонных работ, бетон следует предохранять от замерзания до приобретения им минимальной (критической) прочности [11-13]. В расчетной практике имеются примеры определения оптимальных параметров теплозащиты в зимний период [17-33]. Способ нагрева проводами имеет преимущества по сравнению с остальными способами. Принципиальное достоинство его в том, что нагрев происходит внутри бетона, что обуславливает его ускоренное твердение [27].

Согласно проведенному исследованию, при невыполнении специальных технологических мероприятий по регулированию температуры бетонного массива невозможно обеспечить режим выдерживания уложенной в конструкцию бетонной смеси, позволяющий ей набрать критическую прочность. При этом моделирование набора прочности бетона в программе позволяет получить наиболее полную картину температурных полей, производить быстрый подбор оптимальных параметров бетонирования.

Таким образом, при бетонировании в зимних условиях решается следующая важная технологическая задача: обеспечение тепло-влажностного режима выдерживания уложенной в конструкцию бетонной смеси [17-33]. Только в этом случае можно обеспечить возведение железобетонных конструкций и сооружений высокой надежности и долговечности.

5. Заключение

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Для регулирования и обеспечения оптимальной температуры выдерживания уложенной в конструкцию бетонной смеси, позволяющей ей набрать критическую прочность, наиболее эффективно проведение следующих технологических мероприятий: после демонтажа тепляка укрыть поверхности плиты теплоизолирующим слоем Этафома, а также применить электрообогрев.

2. Требуемая толщина теплоизоляции, в случае рассмотренных расчетных ситуаций, зависит от температуры наружного воздуха: при (-5°C) необходимо 10 мм Этафома, при $(-10^{\circ}\text{C}) - (-20^{\circ}\text{C}) - 20$ мм, при $(-30^{\circ}\text{C}) - 30$ мм. При вышеперечисленном соотношении «температура – толщина теплоизоляции» анализ показывает, что в течение первых 8 суток плита не промерзает, поддерживается температура (нормальные условия $\approx (+20^{\circ}\text{C})$), обеспечивающая оптимальные условия для набора прочности бетоном.

Таким образом, назначать безопасные и оптимальные технологические условия укладки бетонной смеси и ухода за бетоном, можно только на основании расчета температурных полей конструкций в строительный период.

Литература

- [1]. Тарасова А.Ю. Зимнее бетонирование. Как правильно? // Технологии бетонов. 2015. №11-12. С. 40-43.
- [2]. Пикус Г.А., Мозгалев К.М. Контроль параметров бетона, выдерживаемых в зимних условиях // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура» 2015. Т.15. №1 С.6-9.
- [3]. Приходько А.П., Шаленный В.Т., Никитина И.В. Анализ современных методов и определение перспектив развития зимнего бетонирования конструкций зданий и сооружений // Вестник ПДАБА. 2012. №7-8. С. 69-77.
- [4]. Гнам П.А., Кивихарью Р.К. Технологии зимнего бетонирования в России // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №9(48). С. 7-25.
- [5]. Корсун В.И., Корсун А.В. Влияние масштабного фактора и повышенных температур на прочность и деформации высокопрочного модифицированного бетона // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 179-188.
- [6]. Гинзбург С.М., Шейнкер Н.Я., Добрецова И.В., Вознесенская Н.В. Исследования по термике бетонных сооружений // Известия ВНИИГ. 2011. Том. 263. С. 87-97.
- [7]. Korsun V., Vatin N., Franchi A., Korsun A., Crespi P., Mashtaler S. The Strength and Strain of High-strength Concrete Elements with Confinement and Steel Fiber Reinforcement Including the Conditions of the Effect of Elevated Temperatures // Procedia Engineering. 2015. Volume 117. Pp. 970-979.
- [8]. Jaafar M.S, et.al. Development of finite element computer code for thermal analysis of roller compacted concrete dams // Advances in Engineering Software. 2007. № 38 Pp. 886-895.
- [9]. Kim S.G. Effect of heat generation from cement hydration on mass concrete placement, Civil Engineering, Iowa State University, Master of Science Thesis, 2010. 126 p.
- [10]. Lee Y., Kim J-K. Numerical analysis of the early age behavior of concrete structures with a hydration based microplane model // Computers and Structures. 2009. № 87. Pp. 1085-1101.
- [11]. Головнев С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов // изд-во ЮУрГУ. 1999. С. 148.
- [12]. Комиссаров С.В., Зиневич Л.В. К вопросу о прогнозировании прироста прочности бетона в монолитных конструкциях, свободно остывающих после распалубки // Вестник МГСУ. 2010. №4. С. 301-304.
- [13]. Дударь И.Н., Коваленко А.А. Обзор способов зимнего бетонирования и выдерживание бетонной смеси в условиях средних отрицательных температурах // Научно-технический сборник «Современные технологии, материалы и конструкции в строительстве». С. 29-32.
- [14]. Тринкер А.Б. Зимнее бетонирование и работы в условиях вечной мерзлоты // Технологии бетонов. 2013. №2. С. 42-44.
- [15]. Имайкин Д.Г., Ибрагимов Р.А., Мартынов М.М., Сунгатуллина А.Р. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с применением термоактивной опалубки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.7. №24. С. 96-98.
- [16]. Сембаев Б.Н., Грушевский К.Е. Электрический нагрев в процессе зимнего бетонирования // Сборник статей Международной научно-практической конференции. МЦНС «Наука и просвещение». 2017. С.51-53.
- [17]. Мозгалёв К.М. Интенсификация технологических процессов зимнего бетонирования монолитных зданий // ФГБОУ ВПО «Южно-уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет). С. 130-133.
- [18]. Круглый стол. Зимнее бетонирование: современный рынок противоморозных добавок – состояние и перспективы //

References

- [1]. Tarasova A.Yu. Zimneye betonirovaniye. Kak pravil'no? [The winter concreting. How to do it correctly?] Concrete technologies. 2015. No 11-12. Pp. 40-43. (rus).
- [2]. Pikous G.A., Mozgalev K.M. Kontrol parametrov betona, vyderzhivayemykh v zimnikh usloviyakh [Control for concrete characteristics under winter conditions]. Bulletin of the South Ural State University. Series "Construction Engineering and Architecture". 2015. vol.15. No 1. Pp. 6-9. (rus).
- [3]. Prihodko A.P., Shalenniy V.T., Nikitina I.V. Analiz sovremennykh metodov i opredeleniye perspektiv razvitiya zimnego betonirovaniya konstruktсий zdaniy i sooruzheniy [Analysis of modern methods and determination of the prospects for the development of winter concreting of buildings and structures]. Bulletin of Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture. 2012. No 7-8. Pp. 69-77. (rus).
- [4]. Gnam P.A., Kiviharju R.K. Tekhnologii zimnego betonirovaniya v Rossii [Technologies of winter concreting in Russia]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. No 9(48). Pp. 7-25. (rus).
- [5]. Korsun V.I., Korsun A.V. Vliyaniye masshtabnogo faktora i povyshennykh temperatur na prochnost' i deformatsii vysokoprochnogo modifi tsirovannogo betona [The Influence of the Scale Effect and high Temperatures on the Strength and Strains of High Performance Concrete]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2014. No 3. Pp. 179—188. (rus).
- [6]. Ginzburg S.M., Sheynker N.Y., Dobretsova I.V., Voznesenskaya N.V., Issledovaniya po termike betonnykh sooruzheniy [Studies of thermal processes in concrete structures]. Proc. of the VNIIG. 2011. Vol. 263. Pp. 87-97. (rus).
- [7]. Korsun V., Vatin N., Franchi A., Korsun A., Crespi P., Mashtaler S. The Strength and Strain of High-strength Concrete Elements with Confinement and Steel Fiber Reinforcement Including the Conditions of the Effect of Elevated Temperatures. Procedia Engineering. 2015. Volume 117. Pp. 970-979.
- [8]. Jaafar M.S, et.al. Development of finite element computer code for thermal analysis of roller compacted concrete dams. Advances in Engineering Software. 2007. No 38. Pp. 886-895.
- [9]. Kim S.G. Effect of heat generation from cement hydration on mass concrete placement. Civil Engineering, Iowa State University, Master of Science Thesis, 2010. 126 p.
- [10]. Lee Y., Kim J-K. Numerical analysis of the early age behavior of concrete structures with a hydration based microplane model. Computers and Structures. 2009. No 87. Pp. 1085-1101.
- [11]. Golovnev S.G. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya. Optimizatsiya parametrov i vybor metodov [Winter concreting technology. Optimization of parameters and choice of methods], Izd-vo SUSU, 1999. 148 p. (rus).
- [12]. Komissarov S.V., Zinevich L.V. K voprosu o prognozirovani prirosta prochnosti betona v monolitnykh konstruktсийakh, svobodno ostyvayushchikh posle raspalubki [Considering a question on forecasting of a gain of concrete strength in the monolithic construction which are freely cooling down after removal formwork]. Vestnik MGSU. 2010. No 4. Pp. 301-304. (rus).
- [13]. Dudar I.N., Kovalenko A.A. Obzor sposobov zimnego betonirovaniya i vyderzhivaniye betonnoy smesi v usloviyakh srednikh otritsatelnykh temperaturakh [Review methods and winter concreting hold concrete mix medium under negative temperature]. Scientific and technical collection "Modern technology, materials and design constructions". Pp. 29-32. (rus).
- [14]. Trinker A.B. Zimneye betonirovaniye i raboty v usloviyakh vechnoy merzloty [Winter concreting and operation under the permafrost conditions]. Concrete technologies. 2013. No 2. Pp. 42-44 (rus).
- [15]. Imaykin D.G., Ibragimov R.A., Martynov M.M., Sungatullina A.R. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya stroitelnykh konstruktсий s primeneniym termoaktivnoy opalubki [Winter concreting

Технологии бетонов.2011.№11-12.С.10-20

- [19]. Барабанщиков Ю.Г., Комаринский М.В. Суперпластификатор С-3и его влияние на технологические свойства бетонных смесей // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 6(21). С. 58-69.
- [20]. T. Foley, C. Schexnayder Placing Winter Concrete: Pearl Harbor Memorial Bridge // Practice periodical on structural design and construction. 2014. № 20(3).
- [21]. Barabanshchikov Yu., Komarinskiy M. Effect of air-entraining agent lhd on the technological properties of concrete mix containing superplasticizer s-3 // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725–726. Pp. 419–424.
- [22]. Karagöl F., Demirboğa R., Kaygusuz M.A., Yadollahi M.M., Polat R. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures // Cold Regions Science and Technology. № 89. 2013. P. 30–35.
- [23]. Технологическая карта на выдерживание бетона методом "термоса" и использование разогретых бетонных смесей. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998.
- [24]. Колчеданцев Л.М., Егозаров А.Д. Совершенствование методики расчета режима выдерживания бетона в зимнее время методом «термоса» // Вестник гражданских инженеров. 2015. №4(51). С. 95-99.
- [25]. Никоноров С. В., Байбурин А. Х., Кнутарева Н.В. Методика расчета технологических параметров метода «термоса», обеспечивающая гарантированный набор прочности бетона // Вестник южно-уральского государственного университета. 2005. № 13(53). С. 79-80.
- [26]. Крылов Б.А. Некоторые вопросы технологии производства работ при применении бетона в холодное время // Технологии бетонов. 2012. №1. С. 33-35.
- [27]. Корытов Ю.А. Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов // Механизация строительства. 2010. № 3. С. 14-20.
- [28]. Сысоев А.К. Технология зимнего бетонирования с помощью гибких нагревательных элементов// Инженерный вестник Дона. 2013. №4
- [29]. Дудин М.О., Ватин Н.И., Барабанщиков Ю.Г. Моделирование набора прочности бетона в программе ELCUT при прогреве монолитных конструкций проводом // Инженерно-строительный журнал. 2015. №2. С. 33-45.
- [30]. Имайкин Д.Г., Ибрагимов Р.А., Мартынов М.М., Сунгатуллина А.Р. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с применением термоактивной опалубки // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17, №24. С. 96-98.
- [31]. Joon-Yuen Won, Sang-Hyun Lee, Tae-Won Park, Kyung-Yong Nam Basic applicability of an insulated gang form for concrete building construction in cold weather // Construction and Building Materials. 2016. Vol.125. Pp. 458-464.
- [32]. Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г., Нохрина Е.Н. Исследование теплового режима обогрева бетонных конструкций при зимнем бетонировании // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Естественные науки и техносферная безопасность. Сборник статей по материалам 72-й Всероссийской научно-технической конференции. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 171-177.
- [33]. Мартынов М.М., Ибрагимов Р.А., Изотов В.С. Термоактивная опалубка и ее конструкция // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2013. №3. С. 142-146.
- [34]. Беркович Л.А. Организационно-технологическое обеспечение процессов зимнего бетонирования гражданских зданий. Автореферат // Издательство рекламного агентства «Каре», библиотека ЮУРГУ. 2007.
- [35]. Золотухин С.Н., Горюшкин А.Н. Бетонирование при отрицательных температурах // Научный вестник ВГАСУ. technology with the use of thermosetting formwork]. Vestnik KNRTU. 2014. No 24. Pp. 96-98. (rus).
- [16]. Sembaev B.N., Grushevskiy K.E. Elektricheskiy nagrev v protsesse zimnego betonirovaniya [Electric heating in the process of winter concreting]. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. ICSC "Science and Education". 2017. Pp.51-53.
- [17]. Mozgalev K.M. Intensifikatsiya tekhnologicheskikh protsessov zimnego betonirovaniya monolitnykh zdaniy [Intensification of manufacturing methods of winter concreting in monolithic buildings]. SUSU (national research university). Pp. 130-133 (rus).
- [18]. Kruglyy stol. Zimneye betonirovaniye: sovremennyy rynek protivomoroznykh dobavok – sostoyaniye i perspektivy [The round table. Winter concreting: the modern market of anti-freezing components – situation and perspectives] Concrete technologies. 2011. No 11-12. Pp. 10-20 (rus).
- [19]. Barabanshchikov Yu. G., Komarinskiy M. V. Superplastifikator S-3 i yego vliyaniye na tekhnologicheskkiye svoystva betonnykh smesey [Superplasticizer C-3 and its influence on technological characteristics of concrete mixtures]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2014. No 6(21). Pp. 58-69 (rus).
- [20]. T. Foley, C. Schexnayder Placing Winter Concrete: Pearl Harbor Memorial Bridge. Practice periodical on structural design and construction. 2014.No 20(3).
- [21]. Barabanshchikov Yu., Komarinskiy M. Effect of air-entraining agent lhd on the technological properties of concrete mix containing superplasticizer s-3. Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 725–726. Pp. 419–424.
- [22]. Karagöl F., Demirboğa R., Kaygusuz M.A., Yadollahi M.M., Polat R. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures. Cold Regions Science and Technology. No 89. 2013. P. 30–35.
- [23]. Tekhnologicheskaya karta na vyderzhivaniye betona metodom "termosa" i ispolzovaniye razogretykh betonnykh smesey [Method statement of concrete curing with the "thermos" method and using heated concrete mixtures].M.:public JSC PKTIpromstroy1998 (rus).
- [24]. Kolchedantsev L.M., Egozarov A.D. Sovershenstvovaniye metodiki rascheta rezhima vyderzhivaniya betona v zimneye vremya metodom "termosa" [Improving the calculation methodology of concrete curing conditions in winter by the "thermos" method]. Bulletin of Civil Engineers. 2015. No 4(51). Pp. 95-99. (rus).
- [25]. Nikonorov S. V., Bayburin A. Kh., Knutareva N.V. Metodika rascheta tekhnologicheskikh parametrov metoda «termosa», obespechivayushchaya garantirovanny nabor prochnosti betona [Calculation procedure of technological parameters of the "thermos" method, ensuring the guaranteed composition of concrete toughness]. VestnikSUSU.2005.No13(53). Pp. 79-80 (rus).
- [26]. Krylov B.A. Nekotoryye voprosy tekhnologii proizvodstva rabot pri primenenii betona v kholodnoye vremya [Some questions about job practices with using concrete in wintertime]. Concrete technologies. 2012. No 1. Pp. 33-35 (rus).
- [27]. Korytov Yu.A. Zimneye betonirovaniye s primeneniyem nagrevatelnykh provodov [Winter concreting with using heating wires]. Mechanization of construction. 2010. No 3. Pp. 14-20. (rus).
- [28]. Sisoev A.K. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya s pomoshchyu gibkikh nagrevatelnykh elementov [Winter concreting technology with the use of flexible heating elements]. Engineering Journal of Don. 2013. No 4. (rus).
- [29]. Dudin M.O., Vatin N.I., Barabanshchikov Yu.G. Modelirovaniye nabora prochnosti betona v programme ELCUT pri progreve monolitnykh konstruktsey provodom [Modeling a set of concrete strength in the program ELCUT at warming of monolithic structures by wire]. Magazine of Civil Engineering. 2015 No2. Pp. 33-45 (rus).
- [30]. Imaykin D.G., Ibragimov R.A., Martynov M.M., Sungatullina A.R.

Материалы 15-ой межрегиональной научно-практической конференции «Высокие технологии. Экология». 2012. С. 81-85

- [36]. Зиневич Л.В. Применение численного моделирования при проектировании технологии обогрева и выдерживания бетона монолитных конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2011. №2(20). С.24- 28.
- [37]. Рукавишникова Т.Н., Шейнкер Н.Я. Определение оптимальных параметров теплозащиты массива при зимнем перерыве в бетонировании // Известия ВНИИГ. 2000. т.237. С. 97-101.
- [38]. Семенов К.В. Температурное и термонапряженное состояние блоков бетонирования корпуса высокого давления в строительный период: Дис. на соиск. учен. степ. к. т. н.: Спец. 05.23.01. Л., 1990. 156 с.
- [39]. СП 41.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений;
- [40]. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции;
- [41]. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения;
- [42]. Бетонирование зимой [электронный ресурс]. Систем. требования: Yandex. URL: <http://www.ecopotential.ru/good/670> (дата обращения: 15.05.2017)
- Tekhnologiya zimnego betonirovaniya stroitelnykh konstruksiy s primeneniem termoaktivnoy opalubki [Winter concreting technology of building constructions with using thermosetting formwork]. Vestnik KTU. 2014. Vol.17. No 24. Pp. 96-98 (rus).
- [31]. Joon-Yuen Won, Sang-Hyun Lee, Tae-Won Park, Kyung-Yong Nam Basic applicability of an insulated gang form for concrete building construction in cold weather. Construction and Building Materials. 2016. Vol.125. Pp. 458-464.
- [32]. Vitichikov Yu.S., Belyakov I.G., Nohrina E.N. Issledovaniye teplovogo rezhima obogreva betonnykh konstruksiy pri zimnem betonirovanii [Research of the thermal mode of the heating of concrete structures during the winter concreting]. In the collection: Traditions and innovations in construction and architecture. Natural sciences and technospheric security. Collection of articles from the materials of the 72nd All-Russian Scientific and Technical Conference. Samara State University of Architecture and Civil Engineering. 2015. Pp. 171-177.
- [33]. Martynov M.M., Ibragimov R.A., Izotov V.S. Termoaktivnaya opalubka i yeye konstruksiya [Thermosetting formwork and its construction]. Resource – efficient technologies in the building complex of the region. 2013. No 3. Pp. 142-146 (rus).
- [34]. Berkovich L.A. Organizatsionno-tekhnologicheskoye obespecheniye protsessov zimnego betonirovaniya grazhdanskikh zdaniy. Avtoferat [Organizational a technical supply of civil winter concreting processes. Abstract]. Advertising agency publishing «Kare», library SUSU. 2007 (rus).
- [35]. Zolotukhin S.N., Goryushkin A.N. Betonirovaniye pri otritsatelnykh temperaturakh [Concreting at low temperatures]. Scientific vestnik VSTU. Materials of 15-th interregional scientific practical conference «High technologies. Ecology». 2012. Pp. 81-85 (rus).
- [36]. Zinevich L.V. Primeneniye chislennogo modelirovaniya pri proyektirovanii tekhnologii obogreva i vyderzhivaniya betona monolitnykh konstruksiy [Using of numerical modeling during the design of heating technology and holding concrete monolithic constructions]. Magazine of Civil Engineering. 2011. No 2(20). Pp. 24- 28 (rus).
- [37]. Rukavishnikova T.N., Sheynker N.Ya. Opredeleniye optimalnykh parametrov teplozashchity massiva pri zimnem pereryve v betonirovanii [Determination of optimal parameters heat shielding of the body during interruption in winter concreting]. Izvestiya VNIIG. 2000. Vol. 237. Pp. 97-101 (rus).
- [38]. Semenov K.V. Temperaturnoye i termonapryazhennoye sostoyaniye blokov betonirovaniya korpusa vysokogo davleniya v stroitelnyy period: Dis. na soisk. uchen. step. kan. teh. nauk: Spets 05.23.01 [Temperature and thermal stressed state of concreting blocks in a high-pressure shell during the building period], L., 1990. 156 p. (rus).
- [39]. Russian State standards SP 41.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures of hydroengineering facilities.
- [40]. Russian State standards SP 63.13330.2012. Concrete and reinforced concrete structures.
- [41]. Russian State standards SP 52-101-2003. Concrete and reinforced concrete structures without prestressing.
- [42]. Winter concreting [online resource]. System requirement: Yandex. URL <http://www.ecopotential.ru/good/670> (date of the application: 15.05.2017).

Контактная информация

- 1.* +7(981)8223463, nicealexa@mail.ru (Бушманова Александра Васильевна, студент)
2. +7(921)7811957, kvsemenov@bk.ru (Семенов Кирилл Владимирович, к.т.н., доцент)
3. +7(911)7855429, vika9696@inbox.ru (Коровина Виктория Константиновна, студент)

Contact information

- 1.* +7(981)8223463, nicealexa@mail.ru (Aleksandra Bushmanova, Student)
2. +7(921)7811957, kvsemenov@bk.ru (Kirill Semenov, Ph.D., Associate Professor)
3. +7(911)7855429, vika9696@inbox.ru (Victoria Korovina, Student)