

ТОМАШОВА Виктория Андреевна – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tomashova3@gmail.com

ЧЕРНОКОЖЕВА Любовь Сергеевна – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: Luba-99-Tcher-8790@mail.ru

СМИРНОВ Иван Александрович – студент, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tradi02@mail.ru

About the authors:

BARKAYA Temur Raufovich – Candidate of Technical Sciences, Associated Professor, Head of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: btrs@list.ru

GAVRILENKO Alexey Vladimirovich – Senior Teacher of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: GavrilenkoAV@tstu.tver.ru

TOMASHOVA Viktoria Andreevna – Master's Student of the Department of Constructions and Facilities, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tomashova3@gmail.com

CHERNOKOZHEVA Lyubov Sergeevna – Master's Student of the Department of Constructions and Facilities, Tver State Technical University, Tver. E-mail: Luba-99-Tcher-8790@mail.ru

SMIRNOV Ivan Alexandrovich – Student, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tradi02@mail.ru

**УДК 691.587**

## **СПОСОБЫ УХОДА ЗА БЕТОНАМИ ПРИ ТВЕРДЕНИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Н.А. Белов, Т.Б. Новиченкова, М.А. Смирнов, Ю.Ю. Курятников**

© Белов Н.А., Новиченкова Т.Б., Смирнов М.А.,  
Курятников Ю.Ю., 2024

*Аннотация. В статье рассмотрен вопрос о способах ухода за бетонами при твердении в естественных условиях в разные времена года. Описаны методы выдерживания свежесуложенного бетона с применением различных защитных покрытий, оборудований, проведением мероприятий, основным назначением которых является создание благоприятных*

*температурно-влажностных условий для твердения бетона и нарастания его прочности, а также получение качественных и долговечных в эксплуатации бетонных изделий и конструкций.*

***Ключевые слова:** уход, свежесуложенный бетон, уход за бетоном, поливка бетона, периодическое увлажнение, срок службы, трещины, надежность, прочность, влажность, температура.*

## **Введение**

На сегодняшний день строительство – одна из самых динамично развивающихся отраслей отечественной промышленности. Наиболее распространенным конструктивом современных зданий и сооружений являются сооружения и изделия из бетона. Такие изделия в любое время года нуждаются в уходе [1]. Правильный и своевременный уход за свежесуложенным бетоном – необходимое мероприятие для получения долговечных конструкций с заданными показателями. Несмотря на то, что уход – один из основных этапов в изготовлении конструкций, на практике им зачастую пренебрегают либо выполняют недолжным образом. Это связано, во-первых, с необходимостью дополнительных затрат (использованием специальных составов, поддержанием в насыщенном состоянии влагоемких материалов, укладываемых на поверхность бетона, и т.д.) [2, 3]. Очевидно, что застройщики стремятся минимизировать издержки. Вторая причина кроется в том, что последствия недостаточного ухода выявляются не сразу, а зачастую уже во время эксплуатации сооружения либо конструкции.

Под уходом за свежесуложенным бетоном понимаются мероприятия по созданию оптимальных температурно-влажностных условий для протекания реакции гидратации и структурообразования до достижения критической прочности, после чего отсутствие какого-либо ухода не сказывается пагубно на свойствах бетона [4].

Вопрос об уходе за бетоном на сегодняшний день является актуальным. Бетон с правильным уходом в течение 28 суток, т.е. на всем протяжении набора прочности, будет иметь более высокие показатели по сравнению с бетоном, надлежащий уход за которым не производится.

Цель работы – изучение способов ухода за бетоном при твердении в естественных условиях.

## **Способы ухода за бетоном**

### **при твердении в естественных условиях**

Под естественными условиями принято принимать различные температурные показатели и погодные факторы, такие как сухая знойная погода в летнее время года, морозный день в зимнее время, дождливый день в весенне-осенний период.

Каждый из этих факторов предполагает свои методы по уходу за свежесутоложенным бетоном. Далее разберем методы, применяемые в зависимости от периода года.

### *Зимний период*

Особенности погодных условий России оказывают значительное влияние на проведение строительных работ в холодное время года. В соответствии с СП 131.13330.2012 продолжительность зимнего периода, характеризующегося отрицательными и знакопеременными температурами окружающей среды, для климатических условий Урала и Поволжья составляет не менее 5–6 месяцев [1].

При проведении бетонных работ в зимнее время необходимо создать условия для набора бетоном требуемой (критической) прочности, так как для набора 100%-й проектной прочности требуются значительные энергозатраты. В случае замерзания бетона до приобретения им минимально требуемой прочности после оттаивания 100%-й набор марочной прочности становится недостижимым. Это объясняется тем, что свежесутоложенная бетонная смесь содержит не связанную в процессе гидратации портландцемента воду, которая в случае замерзания расширяется и разрывает связи между заполнителем и слабо затвердевшим цементным камнем. Кроме того, из-за раннего замораживания снижается величина сцепления бетона с арматурой [1, 4].

Существует множество российских и зарубежных исследований на тему зимнего бетонирования. Отметим, что вклад отечественных ученых в изучение данной тематики более значителен. Однако, несмотря на наличие большого количества исследований по данной тематике, многие вопросы на практике по-прежнему остаются нерешенными.

Нормативные документы, регламентирующие технологию выполнения бетонных конструкций в зимних условиях, рекомендуют осуществлять выбор способа прогрева бетона в монолитных конструкциях в зависимости от их конструктивных особенностей и модуля поверхности охлаждения, который определяется как отношение площади конструкции, подвергаемой охлаждению, к общему объему бетонирования [5, 10].

Нормативные документы описывают следующие способы по уходу за бетоном в зимнее время года [5]:

- электродный метод,
- метод с греющей опалубкой,
- применение термоматов.

Все эти методы являются энергозатратными и недостаточно эффективными, но существуют и универсальные способы, например использование греющего кабеля [4].

Если в зимнее время года при проведении бетонных работ температура воздуха держится ниже нуля, в процессе приготовления бетонной смеси следует применять противоморозные добавки, а после ее

укладки поддерживать положительную температуру путем прогрева бетона тепловыми пушками, электропрогрева, укрывания бетона теплоудерживающими материалами и т.п. [6].

#### ***Весенне-осенний период***

В весенне-осенний период необходимо проводить методы по уходу за бетоном по правилам зимнего бетонирования, так как ночная температура близка к нулю или имеет минусовые значения.

Подогрев свежесуложенного бетона в опалубках, введение противоморозных добавок, использование тепломатов позволяют поддерживать положительную температуру (выше 15 °С) согласно СП 70.13330.2012 [3, 6, 7].

#### ***Летний период***

В летнее время года бетонные изделия применяются во всех сферах строительства и промышленности. Летом в знойных и сухих областях уход за бетоном должен осуществляться в установленные сроки, так как при температуре воздуха более 40 °С температура самого бетона может быть выше 100 °С. В таких условиях происходит испарение влаги с незащищенной поверхности свежесуложенного бетона, что приводит к образованию усадочных трещин и направленных капилляров, резко уменьшающих долговечность бетона [8, 9].

Из-за повышенных температур уход за бетоном в сухом жарком климате ограничивается созданием благоприятных влажностных условий. Продолжительность влажностного ухода зависит от температуры среды и составляет 3–7 дней. По классификации RILEM такой наружный уход разделяется на водный и безводный [9].

Водный уход предполагает создание барьера для испарения внутренней влаги бетона путем устройства на его поверхности водных запруд, водораспыления, использования водонасыщенных материалов и т.д. При своевременном и правильном использовании данного метода распыляемая вода не проникает внутрь бетона, она лишь служит защитным экраном для воды, находящейся в капиллярном пространстве бетона. Однако, как показывает опыт большинства стройплощадок, на практике распыление воды и создание запруд носит эпизодический характер, в связи с чем эффективность данного метода ограничена.

Безводный уход включает в себя применение специальных материалов (мембран, пленок, пленкообразующих материалов и т.д.), которые создают непроницаемый барьер между окружающей средой и поверхностью бетона, удерживая влагу в его теле. Несмотря на развитие теории и практики высокофункциональных бетонов с водосодержанием, близким к стехиометрическим значениям, водоцементное отношение большинства укладываемых бетонов выше 0,40, а следовательно, количество влаги в бетоне более чем достаточное для гидратации цемента.

Основной функцией безводного ухода за бетоном является удержание данной влаги в течение максимально долгого времени.

Уход после того, как прочность бетона достигнет 0,5 МПа, заключается в обеспечении влажности поверхности. В этом случае используются такие методы, как нанесение влажного герметика, увлажнение, распыление воды на открытые поверхности бетона.

Для того чтобы избежать негативного воздействия на монолитные конструкции солнечных лучей и возникновения напряжений от высокой температуры, необходимо покрыть свежееуложенный бетон саморазрушающейся пеной, тепло- и влагоизолирующими герметиками, полимерной пленкой с коэффициентом отражения более 50 %, или использовать любой другой теплоизоляционный материал.

В сухую и жаркую погоду текущий контроль качества бетонного покрытия включает в себя постоянное измерение температуры бетонной смеси при выходе с завода и укладке [8, 10].

Уход за бетонной смесью после заливки имеет цель создать близкие к идеальным управляемые условия гидратации раствора в объеме по влажности и температурному режиму независимо от погодных условий и времени года [2].

Гидротехнический бетон используется, например, на гидромелиоративных сооружениях на мелиоративных системах. В теплый период года на данных сооружениях свежееуложенный бетон подвергается воздействию ряда неблагоприятных факторов, которые ухудшают его физико-механические свойства, поэтому важно осуществлять уход за гидротехническим бетоном. Разработанные способы ухода можно разделить на две группы: приклеивание пленки только к прилегающей поверхности уложенной бетонной смеси и приклеивание пленки к уложенному бетону, который уже начал затвердевать, и к прилегающей к нему поверхности. Данные способы позволяют обеспечить достижение бетоном физико-механических требуемых показателей в проектные сроки, которые закладываются при изготовлении смеси [11].

Летнее время – основной период года, когда укладывают асфальтобетон и цементобетон на дорогах в центральной части России. Для того чтобы данные бетоны прослужили заявленный срок годности, они нуждаются в уходе.

К одному из наиболее перспективных методов ухода за дорожным бетоном в летний период можно отнести обработку поверхности бетонного покрытия пленкообразующими жидкостями. Главные преимущества этого метода заключаются в возможности механизировать процесс нанесения жидкости, подбирать композиции с заданными теплоотражающими свойствами, одновременно осуществлять пропитку поверхностного слоя бетона, а также снижать затраты.

Установлено, что уход за дорожным бетоном с применением полимерных пленок, пен, полимеризующихся и гидрофобных композиций с соблюдением технологии выдерживания позволяет получить долговечное бетонное дорожное покрытие. Причем наиболее перспективным направлением является одновременное проведение ухода за бетоном и пропитка его поверхности гидрофобными и полимеризующимися жидкостями [10, 11]. Показатели прочности бетона при различных температурах твердения и своевременном увлажнении приведены в таблице.

Набор прочности бетона при различных температурах твердения и своевременном увлажнении [3]

Бетон	Срок твердения, суток	Среднесуточная температура бетона, °С					
		-3	0	+5	+10	+20	+30
		Прочность бетона на сжатие, % от 28-суточной					
М200–М300 на порт- ландцементе М-400, М-500	1	3	5	9	12	23	35
	2	6	12	19	25	40	55
	3	8	18	27	37	50	65
	5	12	28	38	50	65	80
	7	15	35	48	58	75	90
	14	20	50	62	72	90	100
	28	25	65	77	85	100	–

### Заключение

Уход за бетоном – важная часть строительства с применением бетона. Соблюдение правил ухода помогает обеспечить требуемую прочность поверхности бетонных конструкций. Правильно произведенный уход способствует быстрому росту прочности, быстрому достижению разопалубочной прочности конструкций, что ускоряет производство работ. Правила ухода обязательно должны быть прописаны в паспорте производимых работ.

Итак, основные мероприятия по уходу за бетоном после его укладки включают:

- устройство влажных укрытий – равномерное распределение теплой воды;
- увлажнение деревянной опалубки;
- смазку опалубки водонепроницаемыми средствами;
- защиту стальной опалубки от прямого солнечного излучения;
- укрытие синтетическими пленками;
- нанесение образующих защитную пленку средств ухода;
- соблюдение сроков распалубки бетона;

прогрев бетона до рабочей температуры, утепление и использование противоморозных добавок в зимнее время.

Осуществляя в полном объеме мероприятия по уходу за бетоном после его укладки, следует избегать:

досрочного высыхания, прежде всего за счет попадания прямого солнечного света, ветра;

большого перепада температур в толще бетона;

вымывания цементного клея водой;

сотрясений и ударов.

### **Библиографический список**

1. Леонтьев С.В., Авдеев П.П., Грибков Г.В. Проблемы зимнего бетонирования и пути их решения // Инженерный вестник Дона. 2022. № 1. С. 1–4.

2. Давиденко А.Ю., Арчакова В.А. Уход за бетоном, необходимые мероприятия и правила их осуществления в экстремальных условиях // Проектирование и строительство: сборник научных трудов 4-й Международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров / отв. ред. С.В. Дубраков. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. С. 93–96.

3. Добщиц Л.М. Пути повышения долговечности бетонов // Строительные материалы. 2017. № 10. С. 4–9.

4. Соловьяничик А.Р., Гинзбург А.В., Пуляев И.С. Обеспечение повышенных требований к уходу за твердеющим бетоном при возведении конструкций транспортных сооружений // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 156–165.

5. Золотухин С.Н., Горюшкин А.Н. Бетонирование при отрицательных температурах // Научный вестник ВГАСУ. Серия «Высокие технологии. Экология». 2017. № 1. С. 81–85.

6. Осипов А.М. Бетонирование при низких температурах // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4. С. 1–3.

7. Шулдяков К.В., Трофимов Б.Я., Крамар Л.Я. Структурный фактор долговечности бетона // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2020. Т. 20. № 1. С. 46–51.

8. Муминов К.О., Тухтаев М.Б., Исаев Ж.А. Особенности выполнения бетонных работ при высоких температурах // Экономика и социум. 2022. № 6 (97)-1. С. 736–738.

9. Ризаев Б.Ш., Мамадалиев А.Т., Умаров И.И. Деформации усадки бетона в условиях сухого жаркого климата // Экономика и социум. 2022. № 1 (92)-2. С. 455–462.

10. Руденко Н.Н., Доронина В.О. Особенности ухода за дорожным цементобетоном в летний период строительства // Наука и прогресс

транспорта // Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2016. С. 1–4.

11. Дубяго Д.С., Новиков А.Е., Мажайский Ю.А. Повышение качества проводимых бетонных работ при ремонте и восстановлении конструкций гидротехнических сооружений на мелиоративных системах // Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 561–568.

## METHODS OF CARE FOR CONCRETE DURING HARDENING IN NATURAL CONDITIONS

**N.A. Belov, T.B. Novichenkova, M.A. Smirnov,  
Yu.Yu. Kuryatnikov**

***Abstract.** The article considers the issue of how to care for concrete when hardening in natural conditions at different times of the year. The methods of maintaining freshly laid concrete with the use of various protective coatings, equipment, and measures are described, the main purpose of which is to create favorable temperature and humidity conditions for concrete hardening and increasing its strength, as well as to obtain high-quality and durable concrete products and structures.*

***Keywords:** care, freshly laid concrete, concrete care, concrete watering, periodic humidification, service life, cracks, reliability, strength, humidity, temperature.*

Об авторах:

БЕЛОВ Никита Александрович – студент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: nikitka-belov-2001@bk.ru

НОВИЧЕНКОВА Татьяна Борисовна – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: tanovi.69@mail.ru

СМИРНОВ Матвей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь. E-mail: yuriy-@yandex.ru



About the authors:

BELOV Nikita Alexandrovich – Student of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: nikitka-belov-2001@bk.ru

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, Tver. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

NOVICHENKOVA Tatiana Borisovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Products and Structures Production, Tver State Technical University, Tver. E-mail: tanovi.69@mail.ru

SMIRNOV Matvey Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Products and Structures Production, Tver State Technical University, Tver. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

**УДК 691.587**

## **ВЫСОКОПРОЧНЫЙ КЕРАМЗИТОБЕТОН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗОЛЫ-УНОСА**

**М.Д. Иванов, М.А. Смирнов, В.И. Трофимов, В.В. Белов**

© Иванов М.Д., Смирнов М.А.,  
Трофимов В.И., Белов В.В., 2024

*Аннотация.* В статье проанализировано влияние золы-уноса на физические, механические свойства, теплопроводность керамзитобетона. Рассмотрены методики по подбору состава для высокопрочного керамзитобетона.

*Ключевые слова:* керамзитобетон, зола-уноса, высокопрочный керамзитобетон, состав, прочность, теплопроводность, суперплатификатор, легкий бетон, добавки.

### **Введение**

Один из основных методов выработки электроэнергии в России – сжигание твердого топлива (угля, сланца, торфа). Согласно данным 2020 г., на угольных ТЭС ежегодно образуется более 22 млн т золошлаковых отходов, в то время как уровень их потребления составляет менее 4 % . Это говорит о низком объеме утилизации отходов сжигания