

УДК 693.547.3

Плахов А.С., студент СПмоз-221
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева

Plakhov A.S., student of SPmoz-221
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

БЕТОННЫЕ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

CONCRETE WORKS IN SUB-ZERO TEMPERATURES

Бетон – это строительная смесь, в которую входят следующие основные компоненты: вяжущее (в рассматриваемых случаях – это цемент), крупный и мелкий заполнители, вода. При взаимодействии цемента и воды происходит гидратация вяжущего с выделением тепла. При этом осуществляются: схватывание цементного камня (процесс длится примерно сутки) и твердение (для набора марочной прочности в стандартных условиях нужно 28 дней).

Бетонирование в условиях отрицательных температур в строительстве считается экстремальными условиями. Строительные работы не должны прекращаться из-за смены сезонов года, но при наступлении того или иного сезона появляются дополнительные сложности. Более подробно рассмотрим зимний сезон, в котором одной из главных проблем являются отрицательные температуры [1].

Низкие температуры вызывают следующие проблемы:

- прекращение реакции гидратации;
- рост внутреннего давления из-за промерзания и связанного с ним расширения материала;
- образование кристаллов льда вокруг арматуры, что приводит к плохому сцеплению ее с бетоном;
- получение бетона низкой прочности.

Зимой очень важное значение имеет температура воздуха на улице. При отрицательных температурах происходит процесс появления сил внутреннего давления внутри бетона из-за того, что вода при отрицательных температурах застывает и превращается в лед, следовательно, увеличивается в объеме. За счет этого бетон теряет свои прочностные характеристики.

Температура воздуха оказывает значительное влияние на твердение бетона, так как замедляется реакция цемента с водой, в процессе которой пластичный цементный клей превращается в цементный камень, который

затвердевает одновременно с испарением воды. Критическая плотность цементного камня при нормальных условиях и влажности окружающего воздуха набирается в одних или нескольких сутках. При температуре около 20 °С бетонная смесь набирает расчетную прочность без дополнительных мероприятий над ней в течение 28 суток. Для того чтобы вода не испарилась слишком быстро из смеси, бетон накрывают гидроизоляцией. Процесс гидратации при 5 °С замедляется в 2 раза, а при нулевой температуре прекращается. Критическая прочность бетона, набранная в условиях отрицательных температур, никак не повлияет на прочность после потепления. Если же при отрицательных температурах набор критической прочности не произошел, бетон не наберет необходимое количество прочностных показателей, и будет крошиться после значительных повышений окружающей температуры воздуха. При таких условиях заливать бетон в минусовую температуру противопоказано.

Основная задача строительства в зимнее время года – набор критической прочности бетона при отрицательных температурах. При достижении 40-50 % проектной прочности низкие температуры оказывают незначительное воздействие на бетон.

Перед проведением строительных работ необходимо оценить погодные условия. Если они отличаются от нормальных, например, отрицательные температуры в зимний сезон, следует придерживаться следующих советов:

- перед бетонированием следует очистить опалубку от загрязнений, снега и льда;
- грунт и арматуру тоже нужно подготовить, а именно прогреть с помощью тепловых пушек, для того чтобы тающий грунт был источником дополнительного тепла для твердеющей смеси;
- смесь в опалубку необходимо заливать непрерывно, независимо от типа бетонированной конструкции;
- особое внимание необходимо уделять подогреву конструкций, в которых смесь остывает очень быстро.

Для того, чтобы процесс затвердевания бетонной смеси при отрицательных температурах происходил без потери качества железобетонной конструкции, существует несколько видов технологических приемов, которые выбираются на основании сравнительных технико-экономических расчетов, рассчитывающихся на стадии проектирования объекта.

Виды технологических приемов [2-12]:

- повышение температур компонентов перед замешиванием;
- метод термоса;
- обогрев тепловыми пушками или печами в «тепляках»;
- противоморозные добавки.

Повышение температур компонентов перед замешиванием производят при следующих режимах:

- для крупного и мелкого заполнителей – до +60 °С;
- для воды – до +90 °С;
- для цемента – только до комнатных температур, так как нагрев свыше приведет к утрате вяжущих свойств.

Метод термоса целесообразно применять для следующих конструкций: фундамент; блоки; плиты; стены; колонны; перекрытия. Одним из важных факторов использования именно этого метода является то, что он является наиболее простым и экономически выгодным. Цель метода заключается в использовании тепла бетона за счет подогрева заполнителей и воды до укладки ее в опалубку.

Смесь заливается в утепленную опалубку. Бетонная конструкция набирает необходимую прочность за счет начального теплосодержания смеси и гидратации цемента при взаимодействии с водой, за время остывания до 0 °С. Для теплоизоляции используются: сено, солома, ветошь, опилки. При зимнем бетонировании (при -5 °С и ниже) утепления опалубки недостаточно. Дополнительно можно использовать электропрогрев, который повлечет дополнительные материальные затраты, но существенно увеличит прочностные характеристики бетона. Сущность электропрогрева заключается в том, что в уложенном бетоне используется теплота, выделяемая при пропуске через него электрического тока от пластинчатых электродов, которые присоединены к фазам питающей сети.

Обогрев тепловыми пушками или печами в «тепляках» производят при строительных работах в зимнее время года. «Тепляки» – это сооружения по типу теплиц, в них устанавливают тепловые пушки, которые работают на дизтопливе или газе. Способ «тепляков» не имеет широкого применения из-за своей дороговизны, которая возникает вследствие большого расхода дополнительных строительных материалов. Также при использовании этого метода требуется постоянное увлажнение поверхности бетонного элемента. Достоинством этого способа является тот факт, что его можно применять для обогрева на стройплощадках, удаленных от источников централизованного электроснабжения.

Для обогрева тепляков используют электрические или паровые калориферы, гораздо реже применяют огневоздушное калориферное отопление.

Противоморозные добавки - наиболее распространенный способ для укладки бетона в условиях, отличных от нормальных. Противоморозные добавки можно использовать как самостоятельно или в комплексе технологических мероприятий при бетонировании в условиях отрицательных температур.

Выделяют два основных типа добавок.

1. Присадки для уменьшения температуры замерзания воды, используемой для затвердения цемента. Для существенного замедления кристаллизации воды и превращения ее в лед, используют присадки, в состав ко-

торых входят: соли кальция, натрия, поташ. Добавление данных веществ в состав бетонной смеси, достаточно замедляет реакцию гидратации, также для ее ускорения применяют способы подогрева смеси и опалубочной конструкции.

2. Присадки для ускорения процесса твердения. Для качественного ускорения процесса твердения данные добавки необходимо сочетать с предварительным подогревом компонентов. Протекание этого процесса существенно сокращает время набора критической прочности бетона, вода в тоже время просто не успевает превратиться в лед. Сухие упрочнители для бетонной стяжки, газообразователи, ускорители набора прочности, ускорители схватывания – все это относится к присадкам ускоренного процесса твердения.

Концентрация противоморозных присадок зависит от температуры, при которой осуществляется бетонирование, максимально возможная отрицательная температура – $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$:

– до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ – содержание присадок составляет 5-8 % от массы вяжущего;

– $-10\text{...}-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 10 %;

– $-15\text{...}-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ – не менее 15 %.

В ходе выполнения данной работы были рассмотрены и выявлены достоинства и недостатки технологических приемов, которые позволяют улучшить прочностные характеристики бетонной смеси при минусовых температурах. Одним из главных недостатков является то, что практически все приемы являются достаточно материально затратными.

В результате рассмотрения и анализа применения технологических методов для зимнего бетонирования, можно сделать вывод о том, что данные методы играют очень важную роль в повышении качества заливки бетона.

Список литературы

1. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству (ЦНИИОМТП) Госстроя СССР: –Москва: Стройиздат, 1982.

2. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. РАСН, НИИЖБ, под редакцией Б. А. Крылова; С. А. Амбарцумяна; А. И. Звездова.– Москва, 2005.– 270с.

3. СНиП III-15-76. Бетонные и железобетонные конструкции монолита. /Черкаев Ю. П., Жихарев А. А.– 129с.

4. Расчет параметров электропрогрева при бетонировании конструкций в зимних условиях: методические указания к практическому занятию по дисциплине «Строительство в зимних условиях» для студентов направ-

ления «Строительство», образовательная программа «Промышленное и гражданское строительство», всех форм обучения / Ю. П. Черкаев, А. А. Жихарев.– Кемерово: КузГТУ, 2015.

5. Черкаев, Ю. П. . Бетонные работы в условиях отрицательных температур: методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Строительство в экстремальных условиях» для студентов направления подготовки «Строительство» / Ю. П. Черкаев. – Кемерово: КузГТУ, 2013.– 140с.

6. Черкаев, Ю. П. . Методические указания к практическому занятию по дисциплине «Строительство в зимних условиях» для студентов специальности 270102 «Промышленное и гражданское строительство» всех специализаций и форм обучения / Ю. П. Черкаев. – Кемерово: КузГТУ, 2012.– 18с.

7. СНиП 12-03-2002 Безопасность труда в строительстве, часть 1. Государственный комитет Российской Федераций по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (ГОССТРОЙ РОССИИ) Москва 2001.– 95с.

8. СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве, часть 2. Государственный комитет Российской Федераций по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (ГОССТРОЙ РОССИИ) Москва 2002.– 80с.

9. Бетонирование в холодную погоду – URL: <https://www.concretenetwork.com/cold-weather-concrete/weather.html> - Текст: электронный.

10. Бетонирование в зимних условиях – URL: <https://en.blog-oremonte.ru/> - Текст: электронный. XIV Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «РОССИЯ МОЛОДАЯ» 063113.5 19-22 апреля 2022 г.

11. Зимнее бетонирование – URL: <https://www.alliedconcrete.co.nz/technical-info/tips-and-tricks/winter-concreting/> - Текст: электронный.

12. Что происходит, когда бетон замерзает – URL: <https://www.cement.org/learn/concrete-technology/concrete-construction/cold-weather-concreting> - Текст: электронный.

References

1. Guidelines for the production of concrete works in winter conditions, regions of the Far East, Siberia and the Far North. Central Research and Design-Experimental Institute of Organization, Mechanization and Technical Assistance to Construction (TsNIIOMTP) of Gosstroy SSSR: Moscow: Stroyizdat, 1982.

2. Guidelines for heating concrete in monolithic structures. RASN, NIIZhB, edited by B. A. Krylov; S. A. Hambardzumyan; A. I. Zvezdova.– Moscow, 2005.– 270 p.

3. SNiP III-15-76. Concrete and reinforced concrete structures of the monolith. Cherkaev Y. P., Zhikharev A. A. – 129 p.

4. Calculation of Parameters of Electric Heating in Concreting of Structures in Winter Conditions: Methodological Instructions for a Practical Lesson on the Discipline «Construction in Winter Conditions» for Students of the Direction of «Construction», Educational Program «Industrial and Civil Construction», All Forms of Education / Y. P. Cherkaev, A. A. Zhikharev.– Kemerovo: KuzGTU, 2015.

5. Cherkaev, Y. P. Concrete Works in Negative Temperature Conditions: Methodical Instructions for the Course Project on the Discipline «Construction in Extreme Conditions» for Students of the Direction of Training «Construction». – Kemerovo: KuzGTU, 2013. – 140 p.

6. Cherkaev, Y. P. Methodical instructions for practical classes on the discipline «Construction in winter conditions» for students of the specialty 270102 «Industrial and civil construction» of all specializations and forms of education. – Kemerovo: KuzGTU, 2012.– 18 p.

7. SNiP 12-03-2002 Occupational Safety in Construction, Part 1. State Committee of the Russian Federation for Construction and Housing and Communal Complex (GOSSTROY ROSSII), Moscow, 2001, 95 p.

8. SNiP 12-04-2002 Occupational Safety in Construction, Part 2. Gosudarstvennyi komitet Rossiiskoi Federatsii po stroitel'stvo i zhil'no-kommunal'nomu kompleks (GOSSTROY ROSSII), Moscow, 2002. – 80 p.

9. Cold Weather Concreting – URL:

<https://www.concretenetwork.com/cold-weather-concrete/weather.html> - Text: Electronic.

10. Concreting in winter conditions – URL: <https://en.blog-oremonte.ru/> - Text: electronic. XIV All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists «YOUNG RUSSIA» 063113.5 April 19-22, 2022

11. Winter Concreting – URL:

<https://www.alliedconcrete.co.nz/technical-info/tips-and-tricks/winter-concreting/> - Text: electronic.

12. What Happens When Concrete Freezes – URL:

<https://www.cement.org/learn/concrete-technology/concrete-construction/cold-weather-concreting> - Text: Electronic.