

УДК 69.003

С. Г. Головнев

ЗИМНЕЕ БЕТОНИРОВАНИЕ: ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Содержит основные этапы развития зимнего бетонирования в России. Прослежены пути развития основных методов зимнего бетонирования, вклад ученых и экспериментаторов во внедрение новых методов. Отмечен решающий вклад российских ученых в развитие теории и методов зимнего бетонирования. Материалы статьи основаны в основном на публикациях, монографиях и книгах, опубликованных и изданных с 1932 до 2010 гг.

К л ю ч е в ы е с л о в а: технология зимнего бетонирования, история, нормативные документы.

This article deals with the main stages of development of winter concreting in Russian. The author traces the main methods of winter concreting, the contribution of scientists and experimenters in implementation of new methods. A decisive contribution of Russian scientists in the development of theory and methods of winter concreting is marked. The material of the article is derived from publications, monographs and books, published in the period since 1932 till 2010.

К e y w o r d s: technology of winter concreting, history, standard documents.

Приоритет российских ученых, производственников в разработке технологии зимнего бетонирования закреплен многочисленными публикациями и решениями международных симпозиумов [1]. Вместе с тем, произошедшие за последнее время существенные изменения в технологии бетона не нашли должного отражения в нормативных документах, а число публикаций по этой многогранной и серьезной проблеме резко уменьшились. Поэтому, с нашей точки зрения, будет полезным проанализировать этапы развития зимнего бетонирования, отдавая при этом себе отчет, что обзор будет не полным, требующим дальнейшего развития и уточнения.

Разработанные методы зимнего бетонирования позволяют возводить различные здания и сооружения круглогодично, хотя 90 лет назад ведение работ при отрицательных температурах категорически запрещалось, и строительство в России, да и в зарубежных странах, было сезонным. Так, в «Нормах для проектирования и устройства железобетонных сооружений» в разделе «Технические условия производства бетонных и железобетонных работ» отдел II посвящен общим правилам производства бетонных и железобетонных работ. В нем отмечено: «...при установившейся температуре ниже 0 °С ведение работ на открытом воздухе безусловно воспрещается, а потому при наступлении сплошных морозов, ровно как и при отсутствии сплошных морозов, но если температура при заморозках падает ниже –5 °С, производство работ допускается только в «теплицах» (Н.К.П.С. Высший технический комитет, Петроград, 1992). Значительные масштабы строительства в годы первых пятилеток поставили перед строителями и учеными задачу ликвидировать сезонность производства работ, что, в свою очередь, привело к разработке технологии бетонных работ в зимних условиях — технологии зимнего бетонирования.

Ликвидации сезонности во многом способствовали работы советских ученых по развитию и применению электропрогрева, внешнего обогрева, противоморозных добавок, была доказана возможность бетонирования

конструкций без «тепляков» с применением «термосного» выдерживания бетона. С 1931 г. при возведении на морозе монолитных конструкций стал применяться метод «термоса», заключающийся в укладке бетонных смесей из подогретых материалов и защите конструкций теплоизоляционными материалами на срок, устанавливаемый теплотехническими расчетами. В этом же году опубликованы «Временные технические условия на производство бетонных и железобетонных работ в зимнее время».

В 1932—1933 гг. осуществлен электропрогрев железобетонных конструкций при строительстве промышленного здания, а уже с 1933 г. применение электропрогрева регламентируется техническими условиями на производство бетонных и железобетонных работ в зимних условиях и он становится одним из основных методов.

В 1932 г. вышла книга «Зимние строительные работы», имеющая подзаголовок «Руководство по производству зимних строительных работ: бетонных, железобетонных, каменных и земляных». Авторы М. В. Вавилов и И. Г. Совалов не только привели результаты собственных исследований по основным вопросам зимнего бетонирования, но и обобщили имеющийся в тому времени небольшой производственный опыт. Они стремились, и это им во многом удалось, разъяснить смысл физических явлений, происходящих при низких температурах, описать их влияние на прочность бетонов на различных стадиях твердения. Особо отмечается необходимость правильного ухода за бетоном при его твердении для получения заданной прочности, что помогло ввести непрерывный производственный год в практику строительства.

Вместе с этим авторы подчеркивают, что разработать «...точные технические рекомендации, обязательные для всего огромного строительства нашего Союза, не представляется возможным...». Интересным и заслуживающим внимания и сегодня является положение, что «...проектирование организации работ и быстрый темп строительства, сильно снижающие размеры прямых зимних расходов, являются главными условиями, предопределяющими как технический, так и экологический эффект зимней стройки».

Конечно, в России вопросы учета особенностей климата рассматривались и раньше. Еще в 1842 г. впервые на русском языке был издан «Курс строительного искусства». Эту работу М. С. Волкова можно с полным основанием назвать первым учебником по строительному производству, в котором удачно сочетались элементы научных основ и практические рекомендации. Вот так отзывались современники об этой работе: «Сочинители курса пользовались сочинениями в ученом свете по этой части, имея в виду климат России и, руководствуясь собственным изысканиями и опытностью, сообразно с тем совершенством, в котором находится строительное искусство в наше время».

Одной из первых публикаций, охватывающей ряд вопросов воздействия отрицательных температур на бетон, была работа Н. И. Богданова «О влиянии низкой температуры на цементные растворы» (1899 г.). В 1912 г. Н. А. Житкевич отмечал влияние морозов на бетон. В 1919 г. И. А. Киреенко выпустил книгу «Бетонные работы на морозе».

Применение любого метода зимнего бетонирования связано с задачей определения влияния как отрицательных, так и положительных температур на твердение и свойства бетонов. Исследованиями, в первую очередь

выполненными в нашей стране, установлена зависимость между нарастанием прочности бетона на разнообразных цементах и температурой твердения от 0 до 100 °С. Полученные закономерности внесены в нормативные документы и использовались при разработке проектной документации, а также при контроле качества бетона. Составлены также рекомендации по режимам твердения и срокам выдерживания бетона для получения распалубочной прочности или прочности, достаточной для нагружения конструкции. Проводятся исследования по изучению влияния на свойства бетонов отрицательных температур, которые были начаты еще в 1930-е годы И. А. Киреенко, С. А. Мироновым, И. Г. Соваловым и др. Это — твердение бетона на морозе, прочность бетона в замороженном состоянии, нарастание прочности бетона на морозе, прочность бетона в замороженном состоянии, нарастание прочности бетона, подвергшегося в раннем возрасте замораживанию, а затем твердеющего при положительных температурах.

В годы Великой Отечественной войны (1941—1945), когда потребовалось срочно возводить здания и промышленные сооружения для немедленного использования оборудования перебрасываемых на Восток предприятий, методы зимнего бетонирования, разработанные в годы первых пятилеток, сыграли большую роль. В частности, при возведении фундаментов завода в Чебаркуле Челябинской области зимой 1941—1942 гг. применен периферийный электропрогрев. После нагрева конструкции ток был отключен и остывание фундамента продолжались более 8 суток, в течение которых бетон приобрел достаточную прочность. Этот случай явился и примером того, как следует использовать длительное естественное охлаждение конструкций.

Несмотря на военное время, продолжались исследования по вопросам зимнего бетонирования, в этот период выходят публикации, полный список которых можно найти в библиографическом указателе отечественной и иностранной литературы за 1925—1962 гг. «Теория и практика зимнего бетонирования».

В 1975 г. вышло 3-е издание монографии С. А. Миронова «Теория и методы зимнего бетонирования». В книге обобщены результаты многолетних исследований автора по вопросам твердения бетона при отрицательных и положительных температурах, дана оценка влияния раннего замораживания на формирование структуры и основных физико-механических свойств бетонов. Довольно подробно описаны методы производства бетонных и железобетонных работ, рекомендованных для применения в зимних условиях («термос», электротермообработка, пропаривание, применение бетонов, твердеющих на морозе, монтаж железобетонных изделий и конструкций с омоноличиванием стыков).

В книге значительное внимание уделено специфике применения бетонов в суровых климатических условиях Крайнего Севера и Восточной Сибири. В ряде случаев, для сравнения, описываются технологии зимнего бетонирования и опыт строительства при отрицательных температурах в зарубежных странах.

В октябре 1975 г. в Москве состоялся Второй международный симпозиум по зимнему бетонированию, организованный Международным союзом лабораторий по испытанию и исследованию материалов и конструкций (РИЛЕМ) и Госстроем СССР.

С генеральными декларациями выступили С. А. Миронов (СССР), Б. А. Крылов (СССР), С. Бергстрем (Швеция), Х. Пойярви (Финляндия) и др.

В докладе Б. А. Крылова «Методы производства бетонных работ с применением прогрева и обогрева конструкций» отмечено, что среди методов выдерживания бетона в зимнее время особое место занимает прогрев конструкций, поскольку температурное воздействие на бетон относится к наиболее эффективным способам его ускорения.

Первые публикации Б. А. Крылова относятся к началу шестидесятых годов прошлого века и охватывают многие вопросы зимнего бетонирования. В них рассматривалось влияние отрицательных температур на бетоны с разной степенью зрелости и происходящие в них процессы. Выделены три группы причин структурных нарушений в бетоне. Первая — это переход воды в лед с увеличением в объеме, приводящий к разрыхлению структуры или частичному разрушению формирующегося кристаллического сростка, вторая — массоперенос в процессе замерзания бетона и при выдерживании на морозе и третья — нарушение монолитности многокомпонентной системы. Результаты исследований по замораживанию бетонов с разной степенью зрелости позволили определить значение прочности бетонов различных марок, по достижении которой можно прекращать электротермообработку и подвергать конструкции замораживанию без негативных последствий. На этой основе в СНиП были включены дифференцированные требования по «критической прочности», отвечающие новым требованиям в строительстве [2]. Также разработаны теоретические положения, объясняющие приэлектродные явления, возникающие при электропрогреве бетона, показана взаимосвязь между электрическими и тепловыми полями. Значительное влияние уделено изучению физико-механических свойств бетонов, подвергающихся электротермообработке.

В 1982 г. было издано «Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока и Крайнего Севера» (общая редакция «Руководства» осуществлена В. Д. Топчием, Б. А. Крыловым, В. Я. Гендиным, И. В. Коротковым). В разработке «Руководства» приняли участие сотрудники НИИЖБА, ЦНИОМТП, МИСИ, ЧПИ и др. организаций. В нем приведены материалы по всем известным на тот период способам зимнего бетонирования, применяемым в нашей стране, — как безобогревным, так и с термообработкой, — прежде всего по способам электротермообработки, которые обуславливают меньшие затраты топливно-энергетических ресурсов на 1 м^3 бетона, чем другие виды теплового воздействия. Рассмотрены вопросы выдерживания бетона способом «термоса», предварительного электроразогрева бетонной смеси, электропрогрева бетона, обогрева бетона в греющей опалубке, индукционного нагрева бетона, бетонирование в «тепьяках», паропрогрева бетона, замоноличивание стыков. Освещены особенности производства работ в районах Северной климатической зоны, электрооборудования, контроля за производством работ и качеством бетона, дано экономическое обоснование выбора способа зимнего бетонирования.

В 1983 г. Ленинградское отделение Стройиздата выпустило монографию С. Г. Головнева «Оптимизация зимнего бетонирования». Она является первой работой, к которой на основе системного подхода выработаны принципы

определения технико-экономических показателей и оптимальные области применения методов зимнего бетонирования. В монографии дан анализ существующей технологии производства бетонных работ в зимнее время на объектах Южного Урала и Западной Сибири. Изложены теоретические и методические основы выбора способа бетонирования в зимних условиях, сформулированы задачи оптимизации, составлены алгоритмы и программы расчетов, реализация которых осуществлена с применением ЭВМ третьего поколения (ЕС-1022, ЕС-1030). Рассмотрены примеры проектирования технологических процессов и опыт их внедрения при возведении монолитных конструкций зимой.

Однако за последнее время число работ, освещающих те или иные вопросы зимнего бетонирования с достаточной аргументацией, вышло очень мало. Здесь уместно отметить книги А. И. Гныри, В. В. Молодина и выделить монографию Б. М. Красновского «Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования» (2004 г.). В ней при рассмотрении «термоса», электропрогрева, индукционного и инфракрасного нагрева, прогрева греющими проводами, методов предварительного разогрева бетонных смесей и «холодного» бетонирования раскрывается физический механизм процессов, лежащих в основе методов, с последовательным переходом к определению основных расчетно-технологических параметров. Отдельная глава посвящена динамике термонапряженного состояния остывающих после термообработки бетонных и железобетонных конструкций, а также термонапряженному состоянию бетона в окрестностях линейного источника.

За последнее время технология монолитного бетона претерпела существенные изменения, связанные с применением современных опалубочных систем, автобетононасосов и автобетоносмесителей, легких теплоизоляционных материалов, нагревательных проводов, приборов для измерения температуры и контроля прочности бетона. Практически не применяются бетоны без добавок, да и физико-механические свойства тяжелых бетонов значительно повышены. Но вместе с этим нет заметных изменений в технологии зимнего бетонирования, основные исследования направлены на изучение свойств бетона невысоких классов при отрицательных температурах. Мало используются возможности компьютерного моделирования и контроля за процессами зимнего бетонирования, часто не учитываются конструктивные особенности здания, последовательность возведения как отдельных конструкций, так и этажей, составы бетонов и т. п. [3].

Следует отметить и необходимость приведения нормативной базы – регламенты, стандарты, актуализированные СНиП и т. д. в соответствии современному уровню техники с обязательным обеспечением качества и безопасности возводимых зданий и сооружений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Второй международный симпозиум по зимнему бетонированию. М. : Стройиздат, 1978. 266 с.
2. СНиП 3.03.01—87. Несущие и ограждающие конструкции. М. : Стройиздат, 1988. 192 с.
3. Современные строительные технологии / под ред. С. Г. Головнева. Челябинск : ЮУрГУ, 2010. 268 с.

1. Vtoroy mezhdunarodnyy simpozium po zimnemu betonirovaniyu. M. : Stroyizdat, 1978. 266 s.
2. SNiP 3.03.01—87. Nesushchie i ograbdayushchie konstruksii. M. : Stroyizdat, 1988. 192 s.
3. Sovremennye stroitel'nye tekhnologii / pod red. S. G. Golovneva. Chelyabinsk : YuUrGU, 2010. 268 s.

© Головнев С. Г., 2013

*Поступила в редакцию
в январе 2013 г.*

Ссылка для цитирования:

Головнев С. Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития // Вестник Волгогр. гос. архит.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 529—534.