

Иброхимов Абдулкарим Абдулхакимович,

студент магистратуры,

Крамаренко Аркадий Викторович,

канд. техн. наук, доцент,

доцент кафедры «ПГС и ГХ»,

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,

г. Тольятти, Самарская область, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЗЕМНОГО БЕТОНИРОВАНИЯ

В настоящей статье приведен сравнительный анализ основных методов при обогреве бетона. Автором статьи подчеркнута актуальность исследования, связанная со снижением финансовых затрат и необходимостью энергосбережения. Выводы, основанные на исследованиях других авторов, позволяют прийти к мнению об эффективности использования автоматической термоактивной опалубки. При этом авторами приводится предложение, связанное с удобством, а именно – использование мобильного приложения, что составляет определённую научную ценность проведённой работы.

Ключевые слова: опалубка, термоактивная опалубка, энергосбережение, строительство, бетон, бетонная конструкция.

Abdulkarim A. Ibrohimov,

master student;

Arkadii V. Kramarenko,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

Associate Professor of the Department "ASG and GC",

Togliatti State University,

Togliatti, Samara Region, Russia

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN METHODS OF EARTH CONCRETE

This article presents a comparative analysis of the main methods of heating concrete. The author of the article emphasized the relevance of the study is related to the reduction of financial costs and the need for energy conservation. Conclusions based on the studies of other authors, allow to come to a view about the

effectiveness of automatic thermo forming. The author introduced the proposal on the convenience and the use of mobile applications, which is a certain scientific value.

Keywords: decking, thermo decking, energy efficiency, construction, concrete, concrete construction.

Необходимость всесезонного строительства обуславливает реализацию большого объема бетонных работ. При этом большая часть производства работ проходит в условиях минусовых температур. В целях сокращения сроков строительства с одновременным обеспечением оптимальных условий для затвердевания бетона рекомендовано вести бетонирование сборно-монолитных и монолитных конструкций в зимнее время при среднесуточной температуре воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и минимальной суточной температуре, не превышающей нулевое значение [6].

При условии естественных колебаний отрицательных температур в диапазоне от -10 до -30°C , что характерно для большей части территории Российской Федерации, применение противоморозных добавок обеспечивает не более 30% от проектной прочности с одновременным условием, что его температура в первые сутки твердения будет поддерживаться на уровне не ниже 20°C .

Важно отметить, что с позиции кинетики прочности бетона, в указанных условиях преимуществом методов обогрева является поддержание высоких темпов строительства. Однако существует недостаток, который в условиях кризиса и ограниченности ресурсов наиболее актуален, так как связан с дополнительными материальными и трудовыми затратами. Необходимо отметить, что обогрев бетона на подготовительных стадиях сопровождается большим количеством потребляемой энергии, а также дополнительными трудовыми затратами и затратами на обеспечение безопасности. Возможные риски недобора прочности бетона в холодное время компенсируется дополнительным по времени обогревом. Также не исключаются риски повторного бетонирования после демонтажа ранее забетонированных конструкций в зависимости от типа конструкций, модуля поверхности и размеров их сечения. При этом, в зависимости от вышеназванных критериев,

может применяться обогрев термоматами, электродный прогрев, обогрев в греющей опалубке, обогрев нагревательным проводом, инфракрасный и индукционный прогрев [9].

Для отдельных методов из вышеназванных характерны свои специфические недостатки, а именно: электродный прогрев может привести к высыханию бетона в зоне размещения электродов.

В свою очередь, одним из наиболее современных и практичных способов является обогрев термоэлектроматами. В настоящее время стоимость термомата начинается от 1900 рублей за м² [7], а потребляемая мощность состоит в пределах от 0,3 до 0,5 квт/м². Определённым удобством является возможность подключения в сеть напряжением в 220 В. В каждом сегменте термомата площадью от 2,5 до 3 м² встроен регулятор температуры. При этом расход электроэнергии термоматами на 20% ниже, чем при обогреве нагревающими проводами. Они могут быть использованы многократно, однако обеспечивают прогрев исключительно верхнего слоя бетона [8].

Своего рода альтернативным способом по отношению к термоэлектроматам является индукционный прогрев конструкций, который обеспечивается энергией переменного магнитного поля, которое преобразуется в стальной опалубке или арматуре в тепловую. Указанный прогрев применим к бетонным конструкциям замкнутого контура, длина которых превышает предельные размеры сечения, с густой арматурой, с коэффициентом армирования более 0,5, при бетонировании которых имеется возможность размещения на опалубке греющего кабеля [2]. Указанный тип прогрева потребляет существенное количество энергии и не подлежит использованию при обогреве конструкций с большими сечениями. Невысокая стоимость провода (провод ПНСВ) порядка 1 рубля за 1 метр погон служит основанием в выборе данного типа прогрева [7].

У проводов ПНСВ имеется неоспоримое преимущество перед термоматами: тепло, которое выделяется проводами, переходит в тело бетона.

Однако, существует ограничение, а именно прокладка проводов должна производиться при $t^{\circ}\text{C}$ не ниже -15°C .

При использовании указанного метода специалистами рекомендуется изотермический прогрев бетонной конструкции от 1 до 6 суток, в зависимости от проектных требований к бетонируемой конструкции [2]. В свою очередь затраты электрической энергии на термообработку 1 м^2 бетона составляют от 70 до 80 кВт·ч.

Основными недостатками использования указанного метода являются:

- необходимость подключения к сети в 380 В., что требует дополнительной подготовки, в том числе, дополнительных расходов к подключению;

- неравномерность тепловых полей создаваемых в бетоне;

- одноразовое использование нагревательных проводов – порядка 60 м на 1 м^3 бетона, которые остаются в конструкции;

- значительные трудозатраты при подготовке к процессу;

- возможность повреждения при укладке нагревательных проводов и виброуплотнении бетонной смеси;

- использование указанного метода часто приводит к образованию в монолитных конструкциях микротрещин, и зачастую для него не хватает мощности подстанций [3].

Учитывая, что представленные выше способы обогрева имеют ряд существенных недостатков (от объёма потребляемой энергии до температур применения), требуется рассмотрение третьего типа (или способа) обогрева, которым в настоящем исследовании будет являться термоопалубка. Термоактивная или греющая опалубка может применяться при температуре уличного воздуха до -40°C для обогрева конструкций среднемаассивного типа, а также стыков [1]. Подобная опалубка обеспечивает равномерное распределение тепла от обогреваемой поверхности палубы бетону. При этом происходит моделирование классического подхода в вопросе ускоренного твердения конструкций из бетона.

Удельный расход электрической энергии при использовании термоактивной опалубки находится в диапазоне 100-160 кВт/ч на 1 м³ бетона, что требует поиска дальнейших путей снижения энергопотребления [3].

При этом должна определяться минимальная продолжительность активного периода соответствующей обработки, которая непосредственно связана с энергопотреблением. Одним из ключевых критериев ограничения потребления электрической энергии является достижение проектной прочности бетонных конструкций на уровне 30-40% проектной прочности, после которого процесс твердения при медленном остывании будет продолжаться независимо от внешнего теплового воздействия.

Дополнительные требования находятся в зависимости от вида конструкции и последующих условий их эксплуатации.

Существует еще один метод в научной литературе, носящий наименование метод «термоса».

Указанный метод получил широкое применение еще на стройках при производстве бетонных конструкций и изделий. Наиболее экономически выгодной областью применения данного метода являются массивные монолитные блоки, фундаменты, стены, колонны, плиты, рамные конструкции.

Технология выдерживания бетона с применением указанного метода заключается в следующем. Нагретая до температуры 25...45°С с помощью электродов бетонная смесь доставляется на строительную площадку и укладывается в опалубку.

По окончании бетонных работ все открытые поверхности конструкции укрываются слоем теплоизоляционного материала, так как при большей температуре подогрева бетонная смесь во время транспортирования быстро загустевает.

Бетон, находящийся в изоляции от холодного воздуха, затвердевает за счёт тепла, которое ранее было внесено в бетонную смесь при её приготовлении, а также тепла, выделяемого в процессе экзотермической реакции твердения цементного теста.

Однако для существующего метода характерны свои недостатки и преимущества:

- в числе преимуществ выделяется низкая себестоимость; простота технологического процесса.

- к числу недостатков следует отнести неэффективность при условии особо низких температур; невозможность применения при сложных конструкциях; подходит только для конструкций с относительно маленькой площадью охлаждения.

В ходе настоящего исследования авторами проведён сравнительный анализ на основе теоретических и ряда практических исследований, который по существу отражает энергоэффективность и трудоёмкость каждого из перечисленных методов [9]. Некоторые результаты исследований приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ трудоёмкостей и энергозатрат

N п/п	Название метода Единица измерения	Затраты труда	Расход электроэнергии
		Чел*час	кВт*час
1	Метод «термоса»	0,10	56 (60-80)
2	Использование противоморозных добавок	0,14	-
3	Электронный прогрев	3,01	78,5 (80-120)
4	Электрообогрев нагревательными проводами	4,09	78 (80-130)
5	Индукционный прогрев	23,5	264 (120-180)
6	Инфракрасный обогрев	5,50	230,2 (120-200)

Таким образом, назвать какой-либо метод наиболее оптимальным нельзя. Принимать тот или иной метод необходимо, исходя из вида бетонируемой конструкции, температуры бетонирования наличия необходимого оборудования и квалифицированных кадров и др. факторов.

При этом необходимо чётко соблюдать технологию организацию выполнения работ с систематической проверкой качества их выполнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылова Б.А. *Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях* / Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумян, А.И. Звездава. – М., 2005. – 275 с.
2. МДС 12-48.2009. *Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов*. – ЦНИИОМТП, 2009. – 21 с.
3. Гнам П.А., Кивихарью Р.К. *Технологии зимнего бетонирования в России // Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2016. – № 9 (48). – С. 7-25.
4. Минаков Ю.А., Кононова О.В., Анисимов С.Н. *Снижение энергопотребления при обогреве бетона в термоактивной опалубке // Приволжский научный журнал*. – 2013. – № 2 (26). – С. 46-52.
5. Трембицкий С.М. *Энергосберегающие технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций / С.М. Трембицкий // Бетон и железобетон*. – 2004. – №6 (531). – С. 23-24.
6. *Методы бетонирования с искусственным прогревом бетона [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://www.spb-komplekt.ru/catalogue.php?cat_part=142.
7. *Прогрев бетона термоэлектроматами – современный способ ускорения твердения бетона [Электронный ресурс] // Строительные технологии будущего*. – 2012. – №6. – Режим доступа: <http://www.flexyheat.ru/termomat.html>.
8. *Прогрев монолитного бетона [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://best-story.ru/articles/progreiv-monolitnogo-betona_923.
9. *Прогрев проводом [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://termo-beton.ru/index.php?option=com_content.