

Иброхимов Абдулкарим Абдулхакимович,

студент магистратуры,

Чупайда Александр Михайлович,

канд. экон. наук, доцент,

кафедра «Промышленное и гражданское строительство»,

ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,

г. Тольятти, Самарская область, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕРМОАКТИВНОЙ ОПАЛУБКИ

В настоящей статье приведен сравнительный анализ основных методов при обогреве бетона. В результате проведенного анализа были исследованы методы обогрева бетона и раскрыты преимущества и недостатки каждого из них. Выводы, основанные на основе исследований других авторов, позволяют прийти к мнению об эффективности использования автоматической термоактивной опалубки.

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

Abdulkarim A. Ibrohimov,

master student;

Alexandr M. Chupayda,

Candidate of technical sciences, associate professor,

Department «Industrial and civil construction»,

Togliatti State University,

Togliatti, Samara Region, Russia

COMPARATIVE ANALYSIS OF ENERGY SATURATION AT USE OF THERMOACTIVE FORMWORK

In this paper, we give a comparative analysis of the main methods for heating concrete. As a result of the analysis, the methods of heating concrete were investigated and the advantages and disadvantages of each of them were revealed. The conclusions, based on the research of other authors, allow us to come to the opinion of the effectiveness of the use of automatic thermoactive formwork.

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

Введение

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 бетонирование сборно-монолитных и монолитных конструкций в зимнее время при среднесуточной температуры воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ и минимальной суточной температуре, не превышающей нулевого значения, выполняется с использованием обогрева или противоморозных добавок [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 .

Основная часть

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, а 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 кв. м, а потребляемая мощность состоит в пределах от 0,3 до 0,5 квт/м². Определенным удобством является возможность подключения в сеть напряжением в 220 в. В каждом сегменте термомата площадью от 2,5 до 3 м 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].

Индукционный прогрев конструкций 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 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 кв. м бетона составляют от 70 до 80 кВт·ч.

Основными недостатками использования указанного метода являются:

- необходимость подключения к сети в 380В, 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 м³ 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 [5].

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].

Данная задача актуальна, как для производства монолитных и сборных железобетонных конструкций, так и для зимнего бетонирования.

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 [2].

Дополнительные требования находятся в зависимости от вида конструкции и последующих условий их эксплуатации. Исходя из вышесказанного, актуальной представляется задача дальнейшего совершенствования существующих методов обогрева бетона, направленная на снижение энергопотребления, в частности при использовании термоактивной опалубки.

Методика и решение технической задачи приведена в статье Ю.А. Минакова, О.В. Кононовой на основе проведенных авторами теоретических и практических исследований [4].

Более авторами приведена примерная схема термоактивной опалубки (рис. 1) которая включает в себя следующие элементы: контроллер (1), соединен с компьютером (7) через преобразователь интерфейса (6), в схеме приведён блок питания (4) датчик аварии (3), твердотельное реле с фазовым управлением по току и реле включения-выключения питания сети (5) в ручном (через контроллер) или в автоматическом (удалённо через ПК) режимах с пошаговой установкой параметров (скорости, времени и температуры) термообработки конструкций.

С помощью контроллера посредством твердотельного реле происходит плавная регулировка силы тока в нагревательном проводе щита термоактивной опалубки. В свою очередь, с помощью программного управления процессом обогрева, возможно заранее определить скорость распространения тепла внутри конструкции, а также возможен учёт экзотермии цемента, регулировка необходимой скорости нагрева и охлаждения, поддержание постоянного значения заданной температуры при изотермическом обогреве регулированием мощности термоактивной опалубки.

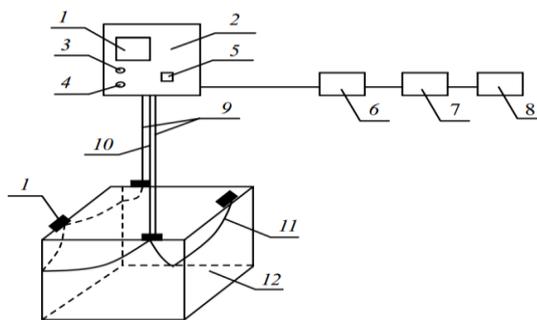


Рисунок 1 – Схема автоматической термоактивной опалубки

Натурные испытания были проведены при среднесуточной температуре окружающего воздуха $(-20) \pm 5^\circ\text{C}$. В ходе испытаний было установлено, что при создании температурных условий твердения бетону в диапазоне $+30-40^\circ\text{C}$ удельный расход электроэнергии на прогрев 1 м^3 бетона при использовании термоактивной опалубки с автоматическим программным управлением составляет $60-80\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$.

При условии удельного расхода электроэнергии $60\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$, используемые на прогрев 1 м^3 бетонных конструкций был обеспечен изотермический обогрев при температуре $30 \pm 2^\circ\text{C}$ соответственно, предел прочности указанной конструкции составил через 24 часа составил 9 МПа , через 48 часов – $14,2\text{ МПа}$, через 72 часа – 21 МПа . Повышение удельного расхода электроэнергии на прогрев 1 м^3 конструкций с 60 до $80\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ позволило организовать изотермический обогрев при $40 \pm 2^\circ\text{C}$. При этом предел прочности бетона через 24 часа составил 11 МПа , через 48 часов – $17,1\text{ МПа}$, через 72 часа – 25 МПа . Исследования показали, что повышение температуры обогрева бетона в термоактивной опалубке с 30 до 40°C .

С целью снижения теплопотерь в стыках и трудозатрат, снижения времени на обогрев, на сборку термоопалубки автор настоящей статьи полагает необходимым разработку п-образной каркасной термоопалубки.

Выводы:

Анализ показал, что применение термоактивной опалубки по сравнению с иными представленными в работе методами менее трудоемкий процесс.

Применение автоматической термоактивной опалубки в процессе тепловой обработки бетонных конструкций позволило снизить удельный расход электроэнергии на прогрев 1 м³ бетона на 20-40%.

Для снижения затрат на постоянный мониторинг через ПК (привлечение дополнительного специалиста), а также снижение затрат на ремонт ПК возможно применение в целях контроля специального программного приложения на мобильном телефоне ответственного за проведение работ лица.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылова Б.А. *Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях* / Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумян, А.И. Звездова. – М., 2005. – 275 с.
2. МДс 12-48.2009. *Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов*. – М.: ЦНИИОМТП, 2009. – 21 с.
3. *Методы бетонирования с искусственным прогревом бетона [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://www.spb-komplekt.ru/catalogue.php?cat_part=142.
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. *Прогрев бетона термоматами – современный способ ускорения твердения бетона [Электронный ресурс]* // Строительные технологии будущего. – 2012. – № 6. – Режим доступа: <http://www.flexyheat.ru/termomat.html>.
6. *Прогрев монолитного бетона [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://best-story.ru/articles/progreiv-monolitnogo-betona_923.
7. *Прогрев проводом [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://termo-beton.ru/index.php?option=com_content.
8. *Термоматы для прогрева бетона [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: http://nn.blizko.ru/products/98827418-termomaty_dlya_progrev_a_betona
9. Трембицкий С.М. *Энергосберегающие технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций* / С.М. Трембицкий // Бетон и железобетон. – 2004. – № 6 (531). – С. 23-24.