

Аруова Л.

КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГРЕВА БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Комбинированная гелиотермообработка бетонных и железобетонных изделий предусматривает применение гелиоформ, гелиокамер со светопрозрачными, теплоизолирующими или пленкообразующими покрытиями и подвод дополнительно-дублирующих источников тепла в виде электроэнергии, пара, минерального масла и др. и может быть рекомендована к круглогодичному применению на полигонах, расположенных севернее 45-50⁰ с.ш., и применительно в осенне-зимне-весенний периоды года на полигонах, расположенных южнее 45-50⁰ с.ш.

В основу комбинированной гелиотермообработки положен принцип оптимального сочетания воздействия непосредственно на твердеющий бетон изделий солнечной радиации различной плотности потока с регулируемым подводом тепловой энергии от дополнительно-дублирующих источников при условии обеспечения суточного технологического цикла. Дополнительное воздействие на бетон изделий может иметь оперативный характер при дефиците солнечного излучения в летний период (дождь, облачность, туман) и стратегический характер для интенсификации твердения бетона и увеличения оборачиваемости форм при гелиотермообработке массивных изделий или при изготовлении сборного железобетона в весенне-осенний периоды года. При комбинированной гелиотермообработке поступление солнечной радиации к бетону изделий осуществляется через светопрозрачное покрытие, а дополнительная тепловая энергия от традиционных теплоносителей (электроэнергии, пара, горячей воды, масла, продуктов сгорания природного газа и т.п.) подводится к изделиям, как правило, со стороны, противоположной от солнцеспринимающей поверхности, снизу горизонтальной формообразующей поверхности форм (в поддон форм, а при необходимости – в их борта).

На комбинированную гелиотермообработку обычно армированных изделий следует переходить при температуре воздуха в 13 ч ниже +20 - +25 °С. При этом при среднесуточной температуре наружного воздуха выше +10 °С режимы ее, как и при обычной гелиотермообработке, должны обеспечивать приобретение бетоном изделий, изготовленных на портландцементе марки 400, в суточном возрасте следующих прочностей:

M200 (класса B15) -	45-55 % марочной прочности
M300 (класса B25) -	55-65 % марочной прочности
M400 (класса B30) -	65-70 % марочной прочности

Распалубленные изделия в случае необходимости должны подвергаться последующему уходу до приобретения бетоном критической относительно влаготерь или отпускной прочности.

Разделение источников тепловой энергии на дополнительные и дублирующие носит условный характер, оно принято для конкретизации роли источника энергии и некоторых особенностей его функционирования при тепловой обработке изделий. Применение дополнительных источников призвано компенсировать дефицит солнечной энергии для тепловой обработки изделий по установленным режимам в различных погодно-климатических условиях на основе их регулируемого подключения, а потому предполагает не только высокую оперативность их включения, но и постоянное наличие на предприятии свободных мощностей.

Предпочтительным видом дополнительного источника энергии, исходя из его оперативности, является электрическая энергия. Однако наиболее распространенным на производстве источником по-прежнему остается водяной пар. В качестве дополнительного источника энергии может использоваться горячая вода, в том числе нагретая в дневное время в гелиоколлекторах, или горячая вода геотермальных источников. Применение перегретого пара позволяет избавиться в магистралях от попутного конденсата и повысить тем самым эффективность прогрева изделий. В случае использования насыщенного пара целесообразно получать высокое давление его и затем обеспечивать перегрев за счет редуцирования.

Дублирующие источники энергии призваны при неблагоприятных условиях полностью заменить солнечную и обеспечить при этом требуемые режимы тепловой обработки изделий.

Выбор и назначение к использованию того или иного вида теплоносителя должны осуществляться по результатам сравнения следующих показателей: наличие энергетических мощностей; надежности и простоты транспортирования теплоносителя к месту потребления; простоты и удобства подводящих и коммутирующих магистралей, их частей и соединений; простоты в изготовлении устройств, преобразующих и передающих тепловую энергию; возможности автоматического регулирования и контроля расхода энергии и режимов тепловой обработки; возможности использования теплоносителей без существенных технических переделок действующих форм.

При применении в качестве дополнительного или дублирующего источника электрической

энергии последняя преобразовывается в тепло в различных электронагревательных устройствах по способу контактного электрообогрева или инфракрасного излучения. В особых условиях производства железобетонных изделий, например, при изготовлении их в неметаллической опалубке, при сложной их конфигурации и большой массивности или при бетонировании во вторую смену возможно использование электропрогрева или предварительного электроразогрева бетонной смеси.

Комбинированная гелиотермообработка может применяться при всех основных технологических способах их производства: агрегатно-поточном, стендовом и конвейерном. Однако, эти виды технологии, рассмотренные ниже, больше относятся к самостоятельным полигонам, не связанных с заводами и находящихся или на крупных стройках, или в отдаленной местности. Но конвейерная и агрегатно-поточная технология может реально применяться только на крупных стационарных полигонах. Основной вид технологии на гелиополигонах – стендовое производство. Наиболее просто комбинированная гелиотермообработка реализуется при стендовом способе производства изделий. При этом стендовые формы снабжаются светопрозрачными покрытиями, а борта их и поддоны теплоизолируются. В качестве дополнительно-дублирующих источников тепловой энергии при стендовом способе производства применяются водяной пар, поступающий в тепловые отсеки поддона форм и, при необходимости, бортов, различные электронагреватели (ТЭНы, трубчато-стержневые, уголково-стержневые и др.), монтируемые либо прямо на нижнюю поверхность рабочей палубы формы, либо в непосредственной близости от нее (инфракрасные электронагреватели могут монтироваться на большем расстоянии от рабочей палубы формы) горячее масло, вода и другие жидкие теплоносители, в том числе нагретые с применением гелиосистем; продукты сгорания природного газа и другие теплоносители.

При агрегатно-поточном способе производства формы также снабжаются индивидуальными светопрозрачными покрытиями и дополнительно теплоизолируются. При этом теплоизоляция не должна уплотняться при действии вибрации. Лучше всего этому требованию удовлетворяют насыпная теплоизоляция в виде вспученных гранул и организованные с помощью различных материалов в конструкции поддона или бортов форм воздушные прослойки. При агрегатно-поточном способе производства монтировать непосредственно в форму допускается не только вибростойкие электронагреватели. При этом способе производства дополнительно-дублирующие источники энергии (главным образом различные электронагреватели) рекомендуется также располагать вне гелиоформ. Кроме того, целесообразно применять выносные

электронагреватели, помещаемые в поддоны форм только на время тепловлажностной обработки.

При конвейерном способе производства железобетонных изделий комбинированная гелиотермообработка их осуществляется по бескамерной схеме или щелевых камерах тоннельного типа. В качестве дополнительно-дублирующих способов источников тепловой энергии при конвейерном способе производства железобетонных изделий применяются различные электронагреватели, в том числе инфракрасные, глухой пар, поступающий в камеры по трубам; горячие масла, вода и другие жидкие теплоносители, в том числе нагретые с применением гелиосистем.

Технология производства изделий при комбинированной термообработке предварительно отработывалась на опытных образцах плит толщиной 20 и 15 см. Размеры плит составляли 15-20 x 120 x 300 см. Плиты армировались стальными сетками из стержней диаметром 6 мм с ячейкой 10 см. Температурный контроль за твердением бетона осуществлялся на протяжении 12 час при прогреве плит комбинированным методом и 24 часа при прогреве только солнечной радиацией. Температура замерялась термометрами, заложенными в бетон на глубину 5 мм от верхней поверхности плит, в середине и в 5 мм от нижней поверхности.

На представленных (рис. 1. и 2.) графиках изменения температуры в плитах в процессе выдерживания видно, что изменение толщины плиты на 5 см особенно не повлияло на характер температурного поля при гелиопрогреве. По этой причине прогрев бетона комбинированным методом производился только на плитах толщиной 20 см. Как видно, из представленных на рис. Графиках, подвод тепла сверху или снизу больших изменений в общую картину температурного поля не внес. В то же время, подвод тепла снизу потребовал больше времени для нагрева бетона в верхней части плиты. Но уже через 12 часов температура бетона во всех частях плиты была аналогичной температуре бетона при подводе тепла сверху.

Выполненные ранее лабораторные и производственные исследования позволяют в осеннее-зимнее-весеннее время наиболее рационально строить технологии производства изделий на полигонах.

Для обеспечения прогрева в днище формы устанавливаются электронагреватели. При проведении заводских испытаний и выпуске первых партий изделий в качестве нагревателей применялись ТЭНы мощностью до 20 кВт. Выдерживание в пленочной камере осуществляется по методу электротермоса – разогрев бетона до 60 °С в течение 3-4 часов, с последующим термосным выдерживанием изделий до полного остывания. Цикл изготовления изделий составляет 1-1,5 суток.

Применение метода выдерживания изделий в прозрачных камерах в холодное время года с дополнительным прогревом сверху и снизу,

технология строится следующим образом. Отформованные по обычной описанной выше технологии изделия устанавливаются в два ряда или больше по вертикали и прогрев осуществляется с включением нагревателей в поддонах (рис. 3). Установленная на изделия светопрозрачная легкая камера из полиэтиленовой пленки, предохраняющая прогреваемые изделия от больших теплопотерь в окружающую среду; одновременно производится частичный прогрев форм и поверхности бетона верхнего изделия солнечной энергией. Таким образом солнечная энергия, дополнительный прогрев и экзотермия цемента обеспечивают быстрое нарастание прочности бетона с небольшим расходом электроэнергии, не превышающей 30 кВтч/м^3 , целесообразно осуществлять снизу и сверху. Снизу тепло подается в бетон от вмонтированных в поддон нагревателей, а сверху изделия накрываются греющим матом мощностью 400 W разработанным в НИИЖБ, или устанавливается на поверхность изделия греющий щит с вмонтированными ТЭНами. Предпочтительнее применять греющие маты (рис. 4).

Цикл изготовления изделий и по этому технологическому решению составляет 1-1,5 суток.

Для дополнительного прогрева изделий с помощью электрической энергии на полигоне устанавливается трансформатор мощностью 250 кВт , обеспечивающий одновременный прогрев 10 изделий. Подключение 6 нагревателей осуществляется с помощью разъемов, рассчитанных на напряжение до 380 В , хотя напряжение на нагреватели подается не более 220 В . Электроэнергия подводится закрытыми от повреждения проводами к софитам, а от них с помощью отводов с разъемами подключаются нагреватели в формах, в щитах или греющих матах. Последние на греющей поверхности обеспечивают температуру $60 \text{ }^\circ\text{C}$ и в зависимости от расчета могут быть запроектированы на напряжение от 36 до 110 или 20 В . В процессе прогрева металлические формы обязательно заземляются и напряжение подается только после проверки заземления и надежности разъемов. Какими бы работами с формами, в т.ч. при распалубке изделий и при чистке, производятся только при отключенном напряжении.

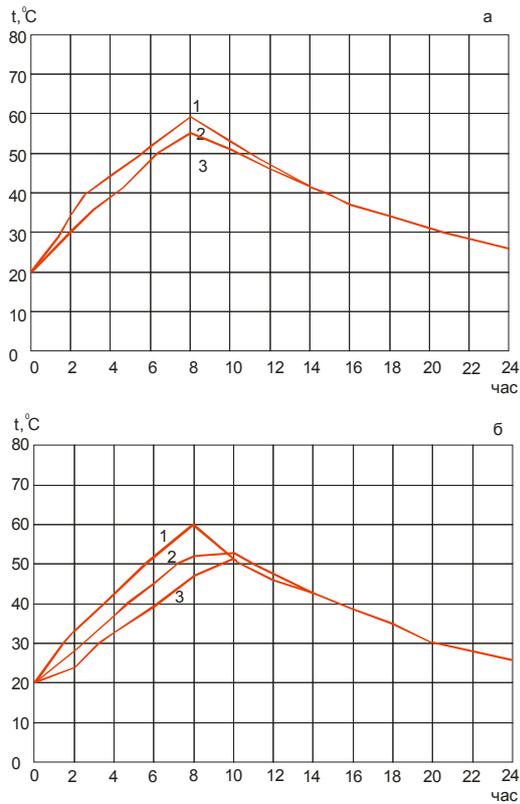


Рис. 1. График изменения температуры при прогреве бетонных образцов-плит разной толщиной.

а - образцы толщиной 20 см;
 б - образцы толщиной 15 см;
 1 - в 5 мм от верхней поверхности;
 2 - в середине образцов;
 3 - в 5 мм от нижней поверхности.

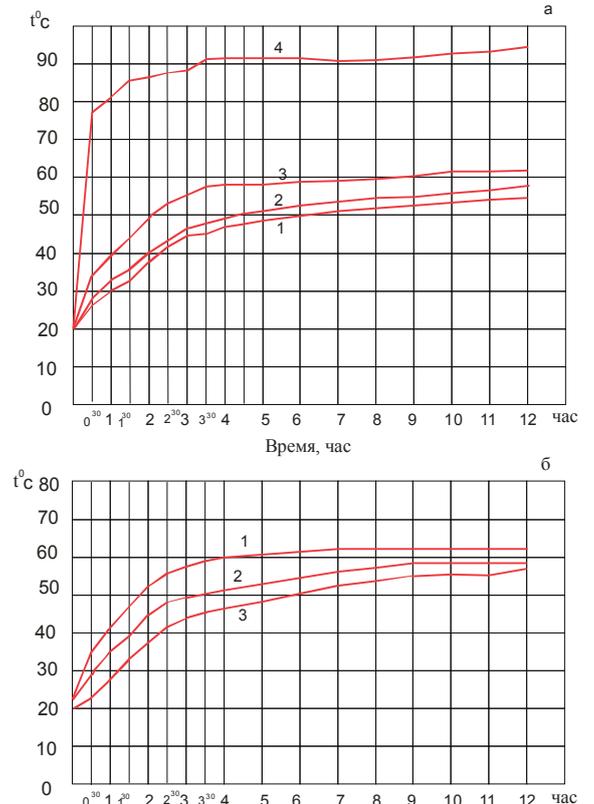


Рис. 2. Графики изменения температуры при прогреве плит толщиной 20 см при разных подводах тепла.
 а - прогрев сверху с помощью ТЭНов, установленных на щите;
 б - прогрев снизу с помощью ТЭНов, установленных на днище формы;
 1 - в 5 мм от нижней поверхности;
 2 - в середине образца;
 3 - в 5 мм от верхней поверхности;
 4 - температура в воздушной прослойке.

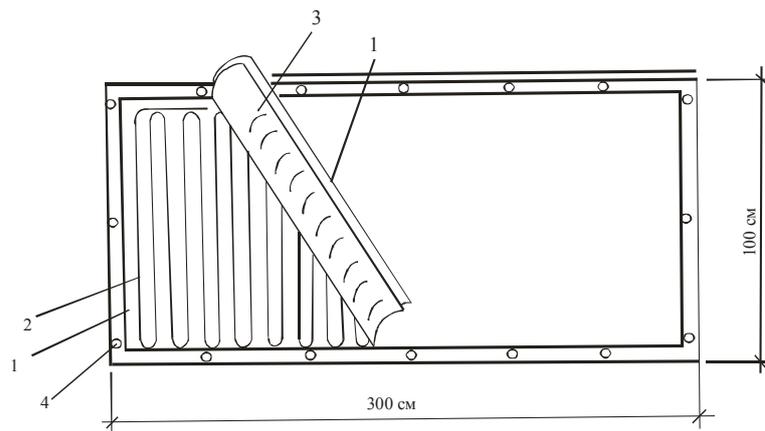


Рис.3. Греющий мат конструкции НИИЖБ
 1 - водонепроницаемая оболочка; 2 - нагреватель;
 3 - теплоизоляция; 4 - отверстие.

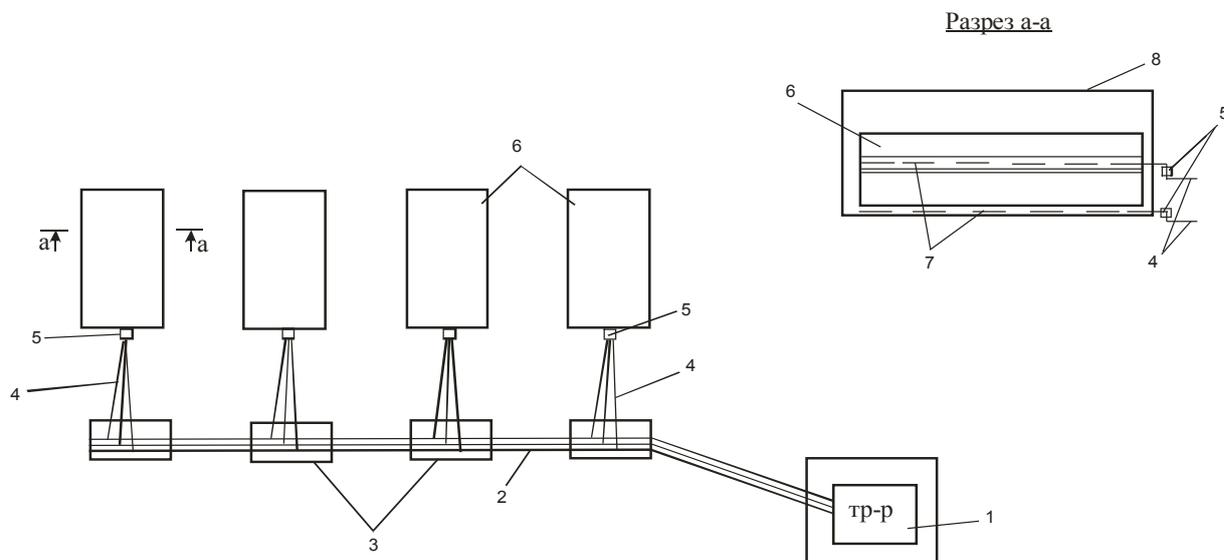


Рис.4. Схема подключения греющих элементов форм к питающей сети.

- 1 - трансформатор; 2 - питающие провода;
- 3 - софиты; 4 - отводы; 5 - разъем; 6 - форма с вмонтированными нагревателями; 7 - нагреватели;
- 8 - камера из полиэтиленовой пленки.

Список литературы:

1. Крылов Б.А., Заседателев И.Б., Малинский Е.Н. Изготовление сборного железобетона с применением гелиоформ // Бетон и железобетон, 1984, №3. - С.17-18.
2. Крылов Б.А. Вопросы теории и производственного применения электрической энергии для тепловой обработки бетона в различных температурных условиях. Дис. д-ра техн.наук.-М., 1969.-501 с.
3. Орозбеков М.О. Комбинированная гелиотермообработка сборного железобетона. Отв. ред. Е.Н. Малинский; НАН Кыргызской Республики.- Бишкек: Илим, 1994. - 154 с.