

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕЛИОТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

М. А. ПРАВЕДНАЯ

ОАО «Институт Гомельоблстройпроект», Республика Беларусь

Т. В. ЯШИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Процесс изготовления изделий из железобетона связан с необходимостью непрерывного потребления теплоносителя. Для этого осуществляется накопление энергии в теплоаккумулирующих стендах и основаниях с последующей передачей накопленного тепла твердеющему бетону при его термовлажностной обработке. Увеличение энергоэффективности изготовления изделий возможно при использовании солнечной энергии. Однако ее поступление носит динамичный характер, поэтому солнечная энергия накапливается в теплоаккумулирующих материалах, а также применяются смешанные системы с дополнительным источником энергии, что существенно повышает производительность технологической линии. Комбинированные и теплонакопительные энергетические системы, установки для термовлажностной обработки железобетонных изделий с применением лучистой энергии достаточно широко используются на предприятиях строительной индустрии в странах СНГ [1].

Теплоаккумулирующие стенды связываются с одно- или двухконтурной системой нагрева жидких теплонакопительных материалов и таким образом одновременно выполняют роль как термоагрегатов, так и аккумуляторов тепла. На площадке-аккумуляторе обработка изделий осуществляется по поточно-агрегатной и стендовой технологиям. Высота теплоаккумулирующего слоя: 5–10 см – в случае прямого нагрева солнечной радиацией; 10–20 см при круговороте жидкого теплоносителя через этот слой и плоские коллекторы.

*Неподвижная матрица-стенд* снабжена подогреваемым поддоном, который имеет вид ложемента под нестандартные железобетонные конструкции или изделия конкретного сортамента. Поддон наполняется гравием, через который прокачивается прогреваемый в коллекторах одно- или двухконтурной системы жидкий теплоноситель. Верхняя часть матрицы – инвентарная рама с заполнением из прозрачного материала.

Теплоаккумулирующие стенды с *камерами неглубокого заложения* применяются при пакетной тепловой обработке. Камеры с высотой яруса, соответствующей трем-четырем плитам, целесообразно применять для тонкостенных изделий толщиной 5–15 см. Плоские плиты такой толщины в индивидуальных формах с прозрачными покрытиями быстро прогреваются, а в вечернее и ночное время легко охлаждаются.

ВНИПИ Теплопроект разработан *универсальный теплоаккумулирующий гелиостенд*, который представляет собой камеру из тяжелого бетона, перекрытую двухслойной светопрозрачной крышкой [2]. Камера рассчитана на 1–13 изделий в формах по высоте.

*Комбинированная энергетическая установка* с установленными на внутренних ее стенах плоскими парафиновыми аккумуляторами прошла промышленные испытания на Орском заводе ЖБИ. Первый вариант ее эксплуатации состоит в нагреве парафина в дневное время за счет солнечной энергии и поддержании параметров изотермического выдерживания в ночное время с помощью электроэнергии. Второй вариант предполагает нагрев парафиновых аккумуляторов в ночное время к моменту восхода солнца электроэнергией. К этому времени завершаются технологические процессы изготовления бетонных изделий, которые далее размещаются в гелиокамере, где осуществляют термообработку бетона как накопленной в ночное время электроэнергией, так и поступающей в дневное время солнечной энергией. Весь цикл термообработки в такой камере длится 22 часа [3].

Такая гелиокамера способна аккумулировать солнечную энергию в течение светового дня при любой ориентации на местности. Снаружи камеры на ее стенах размещают плоские емкости с парафином, а также крепят металлические переплеты, заполненные прозрачным стеклом. Исследование режима твердения бетона продемонстрировало равномерное увеличение температуры в изделиях в случае, если общий перепад ее по высоте пакета при нагреве не превышает 10 °С.

Для тонкостенных железобетонных изделий предлагается в период высокого уровня солнечной радиации концентрировать энергию в нижней части опалубочных форм, а в качестве накопителя применять парафин, бетон, воду. Толщина слоя сменных теплонакопительных оснований принималась: бетона – 5 см, парафина – 1,6 см, воды – 2,5 см, причем тяжелый бетон представляет монолитный слой, контактирующий с нижней поверхностью фрагмента опалубки, а для парафина и воды используются металлические емкости [4].

Анализ технико-экономических показателей использования различных видов теплоаккумулирующих материалов демонстрирует неоднозначность ситуаций по их выбору. Возрастание прочности твердеющего бетона на 15–17 % при использовании в качестве накопителя воды и парафина сопровождается высокими начальными затратами на производство и установку специальных герметичных емкостей. Парафин имеет невысокую стоимость, достаточно дефицитен, поскольку широко используется в разных отраслях промышленности. Вода, взаимодействуя со стальными емкостями, приводит к их коррозии, которая снижает эксплуатационную надежность оснований. Представляется предпочтительным использование тяжелого бетона, который, обладая пониженным значением объемного теплосодержания, легко доступен и технологичен.

В условиях снижения поступления лучистой энергии находят применение *стационарные теплоаккумулирующие комбинированные гелиокамеры*, которые могут эксплуатироваться в осенне-весенний и зимний периоды года. Такие камеры состоят из бетонных стен и днища, которые являются аккумуляторами тепла, и съемной двухслойной [5] или трехслойной [6] прозрачной крыши, монтируемой на стены.

Инфракрасные излучатели, с помощью которых преимущественно и проводится термообработка бетона, играют роль дублирующего источника энергии, размещаются под опалубочной формой. Суточная зрелость бетона, который твердеет в теплонакопительной камере, оказывается на 16–17 % выше, чем у бетона, отвердевающего под двухслойным светопрозрачным покрытием; на 20 % выше, чем под пленкообразующим составом, и на 56 % выше, чем при твердении без ухода [6].

Обеспечение одинаковых значений распалубочной и отпускной прочности, показателей по экономии энергии, связанных с круглогодичным гелиопрогревом, в основном определяется географическим месторасположением гелиополигона, классом бетона и размерами изготавливаемых изделий.

### Список литературы

- 1 Гелиосистемы для повышения эффективности использования солнечной энергии в технологии бетона / А. Ж. Айменов [и др.] // Вестник ГГНТУ. Технические науки. – 2021. – Т. 17, № 2 (24). – С. 57–63.
- 2 Заседателев, И. Б. Гелиотермообработка сборного железобетона / И. Б. Заседателев, Е. Н. Малинский, Е. С. Темкин. – М. : Стройиздат, 1990. – 310 с.
- 3 Подгорнов, Н. И. Методы термообработки сборного и монолитного железобетона с использованием солнечной энергии : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.08 / Н. И. Подгорнов. – М. : 2005. – 487 с.
- 4 Подгорнов, Н. И. Теплоаккумулирующие и комбинированные энергетические системы и установки для термообработки бетона с использованием солнечной энергии / Н. И. Подгорнов, Д. Д. Коротеев / Строительство и реконструкция. – 2009. – № 4 (24). – С. 70–76.
- 5 Борбоев, А. М. Тепловая обработка изделий из тяжелого бетона в теплоаккумулирующих гелиокамерах : дис. ... канд. техн. наук : 05.23.08 / А. М. Борбоев. – М., 1993. – 195 с.
- 6 Орозбеков, М. О. Комбинированная гелиотермообработка сборного железобетона в условиях жаркого климата : дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.08 / М. О. Орозбеков. – Ош, 1994. – 270 с.

УДК 624.05

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*В. М. ПРАСОЛ, Т. О. ЛЕОНОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing – от слова «аддитивность» – прибавление) – это послойное наращивание и синтез объекта с помощью 3D-печати.

Родоначальниками современных аддитивных технологий можно считать две технологии, появившиеся ещё в 1890 г. Первая технология – изготовление трёхмерных карт поверхности местности. Из тонких восковых пластин вырезались фрагменты, соответствующие воображаемому горизонтальному сечению объекта, эти пластины укладывались одна на другую в определенном порядке