

Шайхиева Куланда Мактаповна

старший преподаватель

Каспийский государственный университет

технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова

г. Актау, Республика Казахстан

DOI 10.21661/r-468044

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ВЫДЕРЖИВАНИИ БЕТОНА

Аннотация: в данной статье рассматривается проблема использования солнечной энергии при выдерживании бетона. При всей сложности и трудности задачи исследования несомненно, что разработка экономически и технически эффективных технологий для выдерживания бетона в гелиотехнических устройствах и системах – требование сегодняшнего дня.

Ключевые слова: бетон, температура, гелиоустановка, материал, строительство, энергопотребления, твердения бетона.

В 80-е годы прошлого столетия в связи с энергетическим кризисом мировая энергетика начала поиск новых энергетических теплоносителей. Рост мирового энергопотребления с неизменно уменьшающимися запасами природных ископаемых при одновременном ослаблении экологической напряженности возможен за счет активного вовлечения возобновляемых источников энергии. По данным Мировой энергетической конференции (МИРЭК) возобновляемые источники энергии к 2020 году должны составить 10% от мирового энергопотребления. Это возможно лишь при условии ускоренного развития и освоения нетрадиционных энергоносителей, к числу которых относится солнечная энергия. Все виды энергии, вырабатываемые на поверхности планеты (энергия сжигания концентрированного органического топлива, атомная, термоядерная и другие), в конечном итоге трансформируются в теплоту и нагревают атмосферу. Перед человечеством возникает новая проблема «теплового загрязнения» воздушного бассейна планеты. Солнечное излучение, приходящее на Землю, не изменяет теплового

баланса планеты и потому является «чистым» видом энергии. При существующих темпах научно-технического прогресса и численного роста человечества выход мировой энергетики за предельно допустимый уровень можно ожидать к концу 1 столетия. Из этого следует, что на определенном этапе научно-технического развития земной цивилизации использование солнечной энергии становится неизбежным [1, с. 87].

Строительство относится к числу энергоемких отраслей народного хозяйства. Производство бетона, как основного строительного материала, связано с затратами значительного количества топливно-энергетических ресурсов в виде низкопотенциального тепла. Например, на производство цемента требуется 20 млн. т. а на изготовление сборных железобетонных изделий – 12 млн т. условного топлива, что в сумме составляет 40% топливно-энергетических затрат, приходящихся на производство строительных материалов. При бетонировании монолитных конструкций и сооружений используется более 6 млн л условного топлива главным образом в виде электрической энергии. Из общего расхода топливно-энергетических ресурсов 35% приходится на районы с благоприятными условиями применения солнечной энергии для ускорения твердения бетона. В условиях индустриализации строительного производства, возведения инженерных сооружений по интенсивной технологии, осуществления в практике строительства энергосберегающей политики использование солнечной энергии в технологии бетонных работ приобретает народнохозяйственное значение. Имеется определенный опыт в области использования солнечной энергии в народном хозяйстве. Разработаны и применяются различные промышленные и бытовые гелиоэнергетические системы и установки: солнечная электростанция, высокотемпературные печи для получения сверхчистых материалов и сплавов, солнечные электрические батареи, плоские коллекторы нагрева воды и т. д.

Теоретические работы отечественных гелиоэнергетиков, опыт эксплуатации гелиоустройств в различных областях является основой для широкого использования солнечной энергии в строительстве [2, с. 46].

Высокая температура окружающей среды, ее пониженная относительная влажность, а также интенсивная солнечная радиация затрудняют приготовление бетонной смеси. Повышенная температура и солнечная радиация отрицательно влияют на твердение бетона. Такие климатические факторы в частности вызывают:

- быструю потерю бетонной смесью подвижности;
- увеличение водопотребности бетонной смеси;
- интенсивное обезвоживание бетона и как следствие снижение прочности.

Но наряду с указанными негативными факторами жаркого климата при возведении монолитных конструкций положительным является ускорение твердения бетона и возможность интенсификации благоприятного теплового воздействия на бетон за счет использования солнечного излучения и высокотемпературной воздушной среды. Это положительные факторы можно всецело использовать при строительстве зданий и сооружений в условиях жаркого климата.

При этом высокая температура и солнечная радиация сами по себе опасны для бетона (например, при $t = 20^{\circ}\text{C}$, относительной влажности 70% в скорости ветра 4,5 м/с скорость испарения воды из бетонной смеси и свежееуложенного бетона составляет примерно $0,3 \text{ кг/м}^2 \text{ ч}$, а при $t = 35^{\circ}\text{C}$, относительной влажности 30% – в четыре раза выше). Все эти факторы говорят о том, что солнечную радиацию для ускорения твердения бетонов нужно использовать очень осторожно.

И помочь нам в этом случае могут определенные методы ухода за бетоном. Уход за бетоном должен быть организован таким образом, чтобы исключить в течение необходимого периода времени потери им влаги, которые в условиях жаркой погоды могут быть значительными, и обеспечить процесс гидратации и твердения бетона для получения потенциально возможной наибольшей его прочности.

Наиболее распространенным видом ухода за бетоном является непрерывный влажностный уход – покрытие открытых поверхностей конструкций и сооружений влагоемкими материалами, находящимися весь необходимый период времени в непосредственном контакте с поверхностью бетона и постоянно поддерживаемыми влажном состоянии [3, с. 107].

Ни в коем случае не допускается периодическая поливка водой открытых поверхностей твердеющих бетонных и железобетонных конструкций, так как воздействие относительно холодной воды на нагретую солнцем поверхность твердеющего бетона создает значительные температурные напряжения, что приводит к нарушению структуры бетона, появлению сетки трещин и снижению основных физико-механических свойств бетона. Влажностный уход за бетоном делится на два периода: начальный (предварительный) и последующий (основной).

Начальный уход начинается сразу после окончания укладки бетонной смеси и заключается в предохранении свежееуложенного бетона от обезвоживания укрытием его влагонепроницаемыми материалами (распыляемыми пленкообразующими составами, готовой полиэтиленовой пленкой, брезентом) или влагоемкими материалами (пенопластом, мешковиной соломенными матами), поддерживаемыми во влажном состоянии. В течение начального периода ухода непосредственный контакт твердеющего бетона с водой не допускается.

Последующий уход, наступающий после завершения начального, заключается в обеспечении благоприятных условий твердения бетона следующими способами:

- устройство и систематическое увлажнение влагоемкого покрытия (мешковины, рогожи, соломенных матов, слоя песка, опилок);
- выдерживание открытых горизонтальных поверхностей бетона под слоем воды (метод покрывающих водных бассейнов);
- непрерывное тонкодисперсное распыление влаги по поверхности конструкций;
- распыление по поверхности бетона пленкообразующих составов, обеспечивающих влагонепроницаемость;
- применение готовых влагонепроницаемых полимерных пленок.

Последующий уход осуществляется до достижения бетоном 70% проектной *прочности*. Прекращение последующего ухода рекомендуется осуществлять в вечернее время. В дневное время наиболее интенсивное развитие теплофизических

процессов в *поверхностном* слое твердеющего бетона происходит в первые 1–6 часов [4, с. 77].

Температура нагрева бетона зависит от радиационных характеристик материала, принятого для защиты его поверхности и в *первые* сутки при выдерживании под *полимерными* пленками составляет 69–72°C, пленкообразующей жидкостью 55°C, разрушающейся пеной 33°C. Исследования показали, что при двухслойном покрытии для горизонтальных поверхностей температура нагрева бетона на 1,5–3°C превышает температуру в нем при выдерживании под однослойным покрытием. Такая температура не оказывает существенного влияния на кинетику роста прочности бетона. Однако число воздушных прослоек в гелиотехнической системе излучатель – бетонное тело – светопрозрачное покрытие оказывает влияние при знакопеременных температурах наружного воздуха и при температуре до 10°C наиболее эффективно двухслойное покрытие.

Установлено, что в условиях радиационно-конвективного теплообмена при испарении и конденсации в замкнутом объеме в случае горизонтального положения бетонной конструкции оптимальная толщина воздушного слоя между теплоприемником и прозрачной пластиной 15мм. Для получения максимальной температуры необходимым условием в конструкции гелиокамеры должен быть тепловоспринимаемый материал. Для гелиоустановок с развитой вертикальной поверхностью рационально двухслойное светопрозрачное покрытие. Толщина однослойной воздушной прослойки должна составлять 7 мм, а между двумя светопрозрачными покрытиями-15мм.

Использование аккумуляторов тепловой энергии позволяет существенно *тятипц.* процесс охлаждения устройства в ночное время. *Величину* угла разворота *длинной* стороной гелиокамеры относительно юго-западной или юго-восточной ориентаций целесообразно принимать 30°C.

Теплофизические процессы в гелиокамере проходят при вялотекущем характере – протекания в условиях свободного теплообмена внутри *замкнутого* объема. На стадии нагрева солнечной радиацией несколько активнее прогревается *верхнее изделие.* С проявлением реакции экзотермии в ночное время более высокая

температура наблюдается центральной и нижней плитах. Величина коэффициента заполнения гелиокамер влияет на характер распределения температуры в изделии, а сказывается на скорости остывания бетона в ночное время. Выравнивание на стадии нагрева температуры по высоте пакета или в отдельном изделии может быть достигнуто за счет аккумулятора солнечной энергии, размещаемого в нижней, донной части гелиоустановки [5, с. 36].

Термовлажностный режим в гелиокамере характеризуется снижением влажности воздуха до 45% при подъеме температуры в течение четырех часов с последующим увеличением ее до 100% через шесть часов за счет *испарения* воды из бетона. Такой режим соответствует условиям тепловой обработки бетона в среде с переменной влажностью. Определены оптические свойства в видимой и инфракрасной областях и степень черноты одно- и многослойных пленок различных классов полимеров, среди них прозрачные, армированные, с сажевым и титановым наполнителями, с функциональным защитным покрытием в виде напыления алюминиевого слоя.

С энергетической точки зрения наиболее эффективны гелиокамеру с теплопринимаемой поверхностью и светопрозрачным покрытием, гравитационные системы с нагревом теплоносителя, а также плоские отражатели к гелиотехническим устройствам и системам. Аккумулирование солнечной энергии в заполнителе целесообразно осуществлять в противоточном теплообменнике с циркуляцией горячего воздуха через него принудительно или гравитационно. Непременным условием приготовления бетонной смеси на предварительно нагретых солнечной энергией заполнителях и воде с температурой 50–60°C является введение в ее состав пластифицирующих или суперпластифицирующих химических добавок или комплексных на их основе [6, с. 138].

Прочность бетона, приготовленного на предварительно нагретых солнечной энергией материалах, на 20–30% выше, чем на неподогретых, что связано с понижением в/ц (вода/цемент), за счет частичного поглощения воды заполнителями, а также более глубокой гидратации цемента. Разновидностью аккумуляции солнечной энергии в гелиотехнической системе излучатель – бетонное

тело – светопрозрачное покрытие, в которой нагретое до максимальной температуры, что соответствует 17–18 ч дня, бетонное тело является аккумулятором тепла.

Под влиянием солнечной радиации и высокой температуры окружающей среды в условиях сухого жаркого климата основные физико-химические процессы в твердеющем бетоне происходят в течение 1–3 суток, а в 5–7 суточном возрасте набор прочности достигает 100% R28 и более. При отсутствии ухода за бетоном прочность может составить 44–47% R2s, а глубина недобора прочности достигает 30 см.

Применение бетонных смесей, приготовленных на предварительно нагретых солнечной энергией заполнителе и воде, температурой укладки в опалубочную форму 50–60°C с последующим выдерживанием под однослойным покрытием, на аккумуляторе позволяет получить температуру нагрева 80–95°C и прочность при твердении бетона через 24 ч – 88% R28, 23 ч – 80%, 21ч – 75%, 19 ч – 72%, 17 ч – 70%, 15 ч – 63%, 13 ч – 60% R28. Исследованиями кинетики роста прочности бетона, приготовленного на различных вяжущих, в/ц, химических добавках, в зависимости от модуля открытой поверхности, условий последующего твердения, начальной температуры укладки бетонной смеси в опалубочную форму доказано, что величина критической прочности относительно влагопотерь может быть снижена с 50–70% до 30–50%. Установлено, что оптимальная температура тепловой обработки бетона, приготовленного на основе вяжущего низкой водопотребности, составляет 40–50°C, что позволяет тепловую обработку проводить только за счет солнечной энергии. Оптимальное время завершения бетонирования при выдерживании бетона под покрытиями из полимерных пленок, гелиокамерах, инвентарных устройствах соответствует 9–10 ч; при пакетной технологии изготовления изделий 16–18 ч. При общей продолжительности тепловой обработки бетона 21–22 ч процесс распалубливания изделий приходится на 6–8 ч утра следующего дня.

Список литературы

1. Домокеев А.Г. Строительные материалы: Учебник для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1989.
2. Воробьев В.А. Учебник для строительных вузов. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1978.
4. Козлов В.В. Сухие строительные смеси. Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2000.
5. Горчаков Г.И. Строительные материалы. – М., 1986.
6. Дараган М.В. Сокращение потерь материалов в строительстве. – Киев, 1988.
7. Подгорнов Н.И. Методы термообработки сборного и монолитного железобетона с использованием солнечной энергии: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.22, 05.23.08. – М., 2005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/218896.html> (дата обращения: 04.01.2018).