

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 666.97

Л.Б. Аруова, Н.Т. Даужанов

КГУ им. Коркыт Ата

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ГЕЛИОТЕРМООБРАБОТКИ БЕТОНА В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Рассмотрены тепло- и массообменные процессы, происходящие в железобетонной конструкции при гелиотермообработке с промежуточным теплоносителем и их влияние на физико-механические свойства железобетонных конструкций.

Ключевые слова: тепловая обработка, теплообмен, массообмен, железобетонная конструкция, градиент.

Проблема изыскания новых источников энергии является одной из важнейших, ибо от нее зависит дальнейшее развитие всех отраслей промышленности во всех странах планеты [1—4].

Углеводородные источники — нефть и газ — невосполнимы и возможно уже в конце текущего столетия их запасы на Земле иссякнут. Одним из наиболее простых и не требующих больших затрат методом является использование солнечной энергии. Во многих технических развитых странах ведутся напряженные исследования, и этот вид энергии в Европе уже стал использоваться для отопления и освещения жилых и социально-бытовых зданий. В Казахстане и России такие исследования по использованию энергии Солнца широко проводятся в промышленной и гражданской сфере и особенно в строительной индустрии, в частности, в промышленности сборного железобетона [5—6].

Важным вопросом для обеспечения условий твердения бетона, а следовательно и качества изготавливаемых железобетонных конструкций, является влажность среды. Обычно вследствие массобмена с окружающей средой и внутреннего массопереноса бетон быстро теряет влагу при твердении, что приводит к недобору прочности. Это особенно четко проявляется при выдерживании отформованных изделий в условиях сухого жаркого климата. Выполненные исследования позволили найти простое, но эффективное решение — использование гелиокамер с промежуточным теплоносителем в условиях закрытых цехов. Изготовленные по этому способу железобетонные изделия отличаются высокими прочностными показателями и долговечностью. Во всех случаях структура и свойства бетона (прочность на сжатие, растяжение, модуль упругости, морозостойкость) не только не отличались от аналогичных показателей бетонов, твердевших 28 сут в нормальных температурно-влажностных условиях, но даже их превосходили [7—10].

На основе теоретических принципов и экспериментальных исследований была разработана круглогодичная технология производства сборных железобетонных изделий в условиях закрытых цехов с термообработкой изделий солнечной энергией и дополнительным дублирующим источником энергии. Бетонная смесь подается с бетоносмесительного узла завода в форму, уплотняется, поверхность изделий заглаживается и сразу же на отформованное изделие устанавливается покрытие с плотным прилеганием к бортам формы. Для более эффективного использования солнечной энергии

формование изделий целесообразно начинать в 8 ч утра, чтобы наиболее мощный радиационный поток от Солнца дал бы возможность в течение суток передать бетону больше тепла, а, следовательно, и обеспечить быстрое твердение бетона (рис. 1).

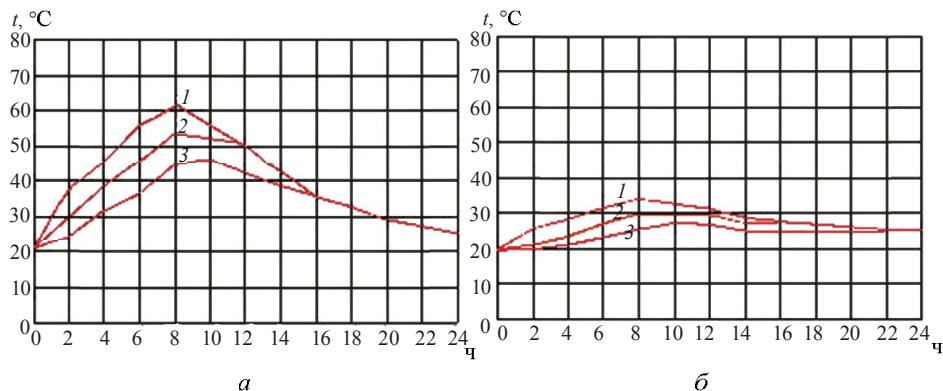


Рис. 1. Характер изменения температуры при прогреве бетонных образцов-плит толщиной 20 см в июле и в январе месяцах на широте 42 с.ш.: *а* — прогрев в июле месяце 7,53 кВт·ч/м; *б* — прогрев в январе месяце (1,72 кВт·ч/м); 1 — в 5 мм от верхней поверхности; 2 — в середине образца; 3 — в 5 мм от нижней поверхности

В разработке технологии серьезное внимание было уделено определению оптимальных режимов выдерживания изделий до распалубки. Исследования показали, что за сутки бетон приобретает прочность, равную 50...60 % от проектной, но в особо жаркие дни прочность за сутки достигает 70...75 % (табл. 1, 2). Затвердевшие изделия распалубливаются, укладываются на складе в штабели, покрываются брезентом или полиэтиленовой пленкой и остаются в таком положении сутки, в течение которых бетон успевает достичь прочности, равной 70...80 % от проектной (рис. 2). При выдерживании изделий на полигоне лучше покрывать их штабели брезентом, который рекомендуется орошать водой через 2...3 ч в дневное время.

Табл. 1. Прочность бетона при гелиотермообработке с промежуточным теплоносителем

Условия твердения	Прочность бетона на сжатие в возрасте, сут					Прочность бетона на растяжение при изгибе, сут		
	1	3	7	28	90	7	28	90
1. Нормальное твердение	—	—	—	31,5 100	—	—	5,3 100	—
2. Гелиотермообработка с промежуточным теплоносителем	15,4 48,94	22,5 79,4	37,0 119,3	37,7 119,6	38,0 120,6	4,6 86,4	5,8 109,4	6,02 113,2

Примечание. Над чертой — прочность бетона, МН/а; под чертой — % от прочности бетона нормального твердения в 28-суточном возрасте.

Табл. 2. Результаты испытания морозостойкости бетонов, твердевших в различных условиях

Условия твердения бетона	Прочность бетонных образцов на сжатие $K_{\text{МН/а}}$			
	Контрольных	После попаременного замораживания и оттаивания, циклов		
		100	200	300
1. Нормальное твердение	31,7	1,05 33,3	1,05 33,4	1,07 34,0
2. Гелиотермообработка с промежуточным теплоносителем	33,5	1,09 36,4	1,10 37,0	1,15 38,4

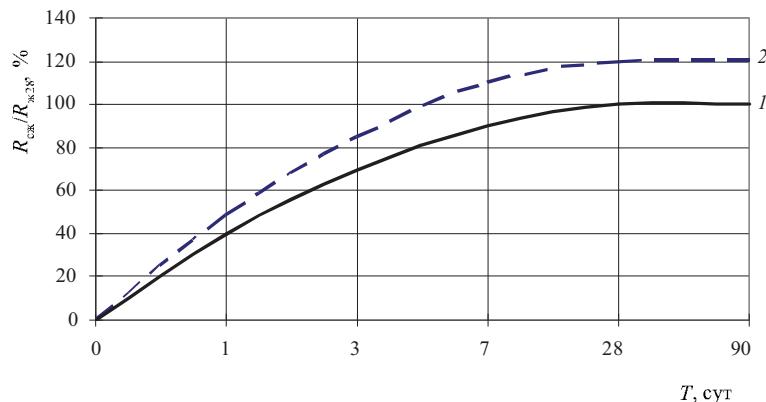


Рис. 2. Изменение во времени прочности бетона при сжатии класса B22,5 (M300), твердевшего в различных условиях: 1 — нормальное твердение; 2 — гелиотермообработка с промежуточным теплоносителем

Исследования показали, что отформованные изделия удобно выдерживать в гелиокамере. В холодное время года изделиям осуществляется дополнительная подача тепла для нагрева воды в гелиосистеме. Такая дополнительная подача тепла к солнечной радиации дает возможность обеспечить в течение суток достижение бетоном прочности до 75...80 % от проектной. В такой технологии поверхность бетона в изделиях покрывается пленкообразующей жидкостью, которая через 20...30 мин затвердевает в виде невидимой пленки толщиной в 100 микронов и надежно предохраняет бетон от влагопотери.

На дополнительный прогрев бетона в этом случае расходуется от 20 до 60 кВт электроэнергии на 1 м³ бетона, что значительно меньше по сравнению с паропрогревом или электрообогревом. Распалибруются изделия только при разности температур между поверхностью бетона и окружающим воздухом не более 20 °C.

Следует подчеркнуть, что гелиотехнология отличается высокой экологичностью и безопасностью. Эффективность гелиотехнологии может быть существенно повышена за счет применения новых быстротвердеющих вяжущих и химических добавок, позволяющих обеспечить более интенсивное твердение бетона, которые уже появились на рынке. Технико-экономические расчеты показывают, что при применении гелиотехнологии экономится большое количество традиционных энергоресурсов.

Как известно, 1 кг у.т. позволяет получить 7000 ккал тепла, 1 кг пара позволяет получить примерно 600 ккал, 1 м³ газа при сжигании дает 8500 ккал. В промышленности сборного железобетона в основном для термообработки отформованных изделий применяется пар, которого тратится от 400 до 1200 кг на 1 м³ железобетона. Даже если при средних затратах пара 500 кг на прогрев 1 м³ железобетонных изделий, выделяется 300000 ккал тепла, что соответствует затратам газового топлива свыше 35 м³ газа на прогрев 1 м³ изделий.

В Республике Казахстан выпуск сборного железобетона составил в 2005 г. — 2365984 м³, в 2006 г. — 2906969 м³, в 2007 г. — 1331613 м³, в 2008 г. за 9 месяцев объем производства сборного железобетона составил 833074 м³. Если ежегодно по гелиотехнологии в теплый период времени года будет выпускаться 200000 м³ сборных железобетонных изделий, можно будет сэкономить 7 млн м³ топлива в пересчете на газ. Если же в холодные месяцы года по комбинированной гелиотехнологии будет выпускаться еще 100000 м³ изделий в год, экономия топлива по сравнению с паропрогревом может составить еще 1,7 млн м³ газа (при расчете принято, что при комбинированном методе расход условного топлива в пересчете на газ составит 17 м³).

Таким образом, в целом при применении гелиопрогрева с промежуточным теплоносителем бетона экономия условного топлива в пересчете на газ составит 8,7 млн м³ по сравнению с паропрогревом.

Библиографический список

1. Abhat A., Aboul-Enein S., Malatidis N. Heat-of- Fusion Storage Systems for Solar Heating Applications in lifter. № 132. pp. 157—172.
2. Cease M.E., White D.H. Emulsification of Thermal Energy Storage Materials in an Immiscible Fluid International Tornal of Energy Resources. 1983, vol. 7, № 2. P. 25.
3. Lu Changgeng. Industrial Production of Concrete Components in China. Betonwerk+Fertigteil-Technik (Concrete Precasting Plant and Technology). 1986, № 5. P. 56.
4. Malhotra V.M. In place evalution of concrete // Jour. of Constr. Div. Proc. of Am. Soc. of Civ. Engr. 1975, vol. 101. 45 p.
5. Крылов Б.А., Заседателев И.Б., Малинский Е.Н. Изготовление сборного железобетона с применением гелиоформ // Бетон и железобетон. 1984. № 3. С. 17—18.
6. Вододисперсионные пленкообразующие составы для бетона в условиях сухого жаркого климата / Б.А. Крылов, Л.Л. Чкуаселидзе, Г.В. Топильский, В.И. Рыбасов // Бетон и железобетон. 1992. № 6. С. 15.
7. Крылов Б.А., Звездов А.И. Влияние температуры на его структуру и твердение // Материалы Международного симпозиума в Японии E&FN Spook. 1995, Wolum Two, pp. 917—925.
8. Abhat A. Low Temperature Latent Heat Thermal Energy Storage. Heat Storage Materials Solar Energy. 1983, vol. 30, № 4. P. 65.
9. Commission 42-CEA. Properties set concrete at early ages state of-the-art-report // Materiaux et Constructions. 1981, vol. 14, № 84. P. 15.
10. Kalt A.C. Speicherung Thermischer Energie in Anlagen dur Nulzung der Sonnenenergie Oel+Gasfeuerung. 1980, vol. 25, № 11. P. 55.

Поступила в редакцию в июле 2012 г.

Об авторах: Аруова Лязат Боранбаевна — доктор технических наук, профессор, Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, ул. Айтеке би, д. 29А, 87015881917, ecoeducation@mail.ru;

Даужанов Наби Токмурзаевич — кандидат технических наук, доцент, Кызылординский государственный университет имени Коркыт Ата, Республика Казахстан, 120014, г. Кызылорда, ул. Айтеке би, д. 29А, 87015660731, ecoeducation@mail.ru.

Для цитирования: Аруова Л.Б., Даужанов Н.Т. Использование солнечной энергии для гелиотермообработки бетона в Республике Казахстан // Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 142—146.

L.B. Aruova, N.T. Dauzhanov

USING SOLAR ENERGY IN HEAT TREATMENT OF CONCRETE IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

In the article, the authors consider heat and mass transfer inside reinforced concrete structures, and their impact on the mechanical properties of the latter.

The authors argue that humidity is an important factor of concrete hardening. As a rule, concrete-to-environment mass transfer, as well as the mass transfer inside concrete products, cause fast dehydration in the course of hardening, thus, leading to the insufficiency of strength. This phenomenon may be exemplified by prefab concrete products hardened in the hot and dry climate. The findings of the authors constitute a simple though efficient solution that consists in the employment of solar chambers equipped with an intermediate, or supplementary, heat carrier. Solar chambers are to be installed inside production premises.

Reinforced concrete products manufactured in accordance with the technology proposed by the authors feature high strength and durability. The concrete structure and properties (namely, compressive strength, tensile strength, modulus of elasticity and cold resistance) even exceed those of the concrete products hardened within 28 days in the regular temperature and humidity environment.

Theoretical principles and experimental research findings of the authors have been invested into the year-round technology of manufacturing of reinforced concrete products inside production premises, where products are treated by the solar energy and a supplementary source of energy. The concrete mix is poured into the form and compacted there; thereafter, the product surface is smoothed. Immediately after that a cover is fixed onto the form and tightly attached to the form walls. The process is to be initiated at 8 a.m. to maximize the period of solar energy consumption and to accelerate the process of concrete hardening.

Key words: heat treatment, reinforced concrete, heat-mass exchange, gradient.

References

1. Abhat A., Aboul-Enein S., Malatidis N. Heat-of-fusion Storage Systems for Solar Heating Applications in Lifter, no. 132, pp. 157—172.
2. Cease M.E., White D.H. Emulsification of Thermal Energy Storage Materials in an Immiscible Fluid. International Journal of Energy Resources. 1983, no. 2, vol. 7, p. 25.
3. Lu Changgeng. Industrial Production of Concrete Components in China. Betonwerk+Fertigteil-Technik (Concrete Precasting Plant and Technology), 1986, no. 5, p. 56.
4. Malhotra V.M. In-place Evaluation of Concrete. Jour. of Constr. Div. Proc. of Am. Soc. of Civ. Engr. 1975, vol. 101, p. 45.
5. Krylov B.A., Zasedatelev I.B., Malinskiy E.N. Izgotovlenie sbornogo zhelezobetona s primeniem gelioform [Production of Prefab Reinforced Concrete Using Solar Hardening Forms]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 1984, no. 3, pp. 17—18.
6. Krylov B.A., Chkuaselidze L.G., Topil'skiy G.V., Rybasov V.P. Vododispersionnye plenkoobra-zuyushchie sostavy dlya betona v usloviyakh sukhogo zharkogo klimata [Water-dispersible Film-forming Concrete Compositions in Hot Dry Climates]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 1992, no. 6, p. 15.
7. Krylov B.A., Zvezdov A.I. Vliyanie temperatury na ego strukturu i tverdenie [Temperature Influence on Concrete Structure and Hardening]. International Symposium in Japan E&FN Spook. 1995, vol. 2, pp. 917—925.
8. Abhat A. Low Temperature Latent Heat Thermal Energy Storage. Heat Storage Materials. Solar Energy. 1983, no. 4, vol. 30, p. 65.
9. Commission 42-CEA. Properties Set Concrete at Early Ages. State-of-the-art-report. Materiaux et Constructions. 1981, no. 84, vol. 14, p. 15.
10. Kalt A.C. Speicherung Thermischer Energie in Anlagen dur Nulzung der Sonnenenergie. Oel+Gasfeuerung. 1980, no. 11, vol. 25, p. 55.

About the authors: **Aruova Lyazat Boranbaevna** — Doctor of Technical Sciences, Professor, **Kyzylorda State University named after Korkyt Ata**, 29A Atyke bi st., Kyzylorda, 120014, Kazakhstan; ecoeducation@mail.ru; 8 701 588-19-17;

Dauzhanov Nabi Tokmurzaevich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, **Kyzylorda State University named after Korkyt Ata**, 29A Atyke bi st., Kyzylorda, 120014, Kazakhstan; ecoeducation@mail.ru; 8 701 566-07-31.

For citation: Aruova L.B., Dauzhanov N.T. Ispol'zovanie solnechnoy energii dlya geliotermoobrabotki betona v Respublike Kazakhstan [Using Solar Energy in Heat Treatment of Concrete in the Republic of Kazakhstan]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2012, no. 10, pp. 142—146.