СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 666.982.035.5

DOI: 10.34708/GSTOU.2021.55.50.007

ГЕЛИОСИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА

© ¹А. Ж. Айменов, ¹Ж. Т. Айменов, ²Х. Э. Таймасханов, ²Р. С-А. Муртазаева

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

²ГГНТУ им. акад. М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия

Приведены результаты исследования влияния предложенных гелиосистем для повышения эффективности использования солнечной энергии в технологии бетона. При этом исследованы температурные поля бетона изделий, выдерживаемых под гелиопокрытием с межплочным переменным сечением (МПС). Изучены влияние модуля открытой поверхности на температурный режим твердения, распределение температуры по сечению. Опыты показали эффективность использования солнечной энергии применением гелиотехнической системы для интенсификации твердения бетона в условиях сухого жаркого климата.

Ключевые слова: гелиопокрытие, температурный режим, теплосодержание, тепловое воздействие, прочность.

Как показывает многочисленный опыт производства сборных железобетонных конструкций в регионах сухого жаркого климата, интенсифицировать твердения бетона железобетонных конструкций можно и нужно с применением различных гелиосистем типа гелиокрышка МПС [1, 2, 3, 4]. Такой подход позволяет частично или полностью отказаться от традиционной энергозатратной технологии тепловлажностной обработки бетона, обеспечивая тем самым комплексное решение экономико-экологических проблем производства ЖБИ в заводских условиях.

Для подтверждения данной гипотезы исследовались образцы из керамзитобетонных смесей на цементе марки 400 (В30). В гелиопокрытии в качестве светопрозрачного материала применялась полиэтиленовая пленка толщиной 100 мкм. Температура твердеющего бетона и окружающей среды измерялась с использованием точечного автоматического

самопишущего потенциометром КСП-4, рассчитанного на шесть термопар. Так как прогрев бетона зависит от массивности изделий, был создан специальный стенд, позволяющий моделировать условия твердения бетона в реальных конструкциях.

Проведение исследований осуществлялось постадийно, где на первой стадии изделия выдерживаются под покрытием МПС до 16 часов. При этом использовалось покрытие типа СВИТАП с замкнутой воздушной прослойкой с пленкой ПВХ в качестве светопрозрачного материала и вариант без покрытия [5, 6, 7].

На первой стадии в течение светового дня автономно нагревались галечная полоса – аккумулятор и установка с откидными отражателями – термопокрытиями (ООТ), с целью аккумуляирования солнечной энергии в установке с нагревом воды до 80°C [8, 9, 11].

На второй стадии при максимальном разогреве полосы – аккумулятора (в 16 часов дня)

гелиоформа устанавливается на полосу. Как показывают расчеты, ввиду большой теплоемкости гелиоформы с изделием, тепло аккумулярованного галькой, обеспечивает эффективную работу гелиосистемы только на 4 часа. Поэтому для восполнения требуемого тепла и обеспечения выравнивания температуры по сечению образца в 20 часов (после четырех часов выдерживания на полосе – гальке) осуществляется подвод тепла к гелиоформе от тепловых отсеков ООТ.

На рисунке 1 показаны температурные режимы твердеющих бетонных образцов, выдержанных под гелиопокрытием МПС в сравнении с другими покрытиями. Из рисунка видно, что при применении двухслойного гелиопокрытия температура бетона для центральных зон образца прогревается со средней скоростью $10,2^{\circ}\text{C}$ в час. Максимальная температура бетона под этим гелиопокрытием достигает 78°C при максимальной температуре наружного воздуха $30-34^{\circ}\text{C}$. В известной степени негативное влияние на набор прочности

оказывает модуль открытой поверхности ($M_{от}$), и с увеличением его значения, как известно, такое влияние увеличивается [3, 10].

Продолжительность твердения бетона при температуре 78°C и выше составляет 6 часов, а при 40°C – более 14 часов. В условиях эксперимента минимальная температура бетона к утру следующего дня была более 54°C . Условное теплосодержание бетона на одни сутки твердения под гелиопокрытием равно 928 градусо-часов, что составляет 94% от такого же показателя бетона сборных изделий (990 градусо-часов), подвергнутых термовлажностной обработке при температуре 80°C по режиму 2+3+6+2 часа.

Если бетон сборных изделий, прошедший тепловую обработку по вышеуказанному режиму, через сутки имеет прочность 70% от марочной, то бетон при твердении под двухслойным гелиопокрытием, очевидно, будет иметь прочность, близкую к этому показателю.

Следовательно, создается возможность интенсификации твердения бетона при созда-

Рис. 1. Влияние модуля открытой поверхности $M_{от} > 11$ бетона на температурный режим твердения

- 1 – выдерживание под гелиопокрытием МПС; 2 – выдерживание под гелиопокрытием СВИАП;
3 – выдерживание под пленкой ПВХ; 4 – выдерживание без покрытия;
5 – температура окружающей среды.

Рис. 2. Распределение температуры по сечению изделия при двухстороннем тепловом воздействии на бетон

1 – температура верхнего слоя бетона; 2 – температура нижнего слоя (у дна гелиоформы);
3 – температура наружного воздуха

нии вышеупомянутых условий и значительно сокращения времени ухода за ним в условиях сухого жаркого климата.

Условное теплосодержание бетонного образца при твердении под полиэтиленовой пленкой и без покрытия равно соответственно 876 и 682 градусо-часам, что составляет также соответственно 94% и 73,5% от теплосодержания бетона, твердевшего с МПС. Температурные поля по толщине бетона, твердевшего с однослойным гелиопокрытием, показаны на рисунке 2.

При двустороннем прогреве верхние и нижние слои в течение суток имеют примерно такое же теплоснабжение, как и его центральные зоны. Максимальная разница в значениях температур по толщине при прогреве образца составляет 25°C. Максимальная скорость подъема температуры поверхностных слоев – 13°C/час, и нижележащих слоев – 7°C/час. Следовательно, при применении гелиотехни-

ческой системы скорость прогрева бетона и разница температур по толщине образца не должны отрицательно сказываться на основных физико-механических свойствах и долговечности бетона. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать вывод о возможности ускорения твердения бетона с использованием галечного аккумулятора и установки ООТ, которое позволяет эффективно использовать солнечную энергию для выравнивания температуры по сечению изделия.

В таблице 1 приведены результаты испытаний бетона на сжатие. При выдерживании образцов под вышеуказанными покрытиями через одни сутки максимальную прочность имеет бетон, твердевший с применением гелиокрышки МПС (77%). Во всех остальных случаях односуточное выдерживание бетона под покрытием не обеспечивает достижения требуемой прочности. Для приобретения ее под пленкой требуется уход в течение двух суток.

Таблица 1.

Кинетика нарастания прочности бетона на сжатие,
твердевшего с МПС и в гелиосистеме при 2-х стадиях

Твердение бетона	Продолжительность ухода, сутки	Прочность на сжатие (в числителе Мпа, в знаменателе, % от НУ) через:		
		1 сутки	2 сутки	28 суток
В гелиосистеме	1-3	13,3/77,0	20,2/79,8	26,0/102,8
Под МПС (автономно)	1-3	11,3/4,7	16,8/66,4	26,1/103,2
Без ухода	-	6,5/25,7	12,2/48,2	14,3/56,5
В нормальных условиях (НУ)	28	-	-	25,3/100

Таблица 2.

Прочность бетона в зависимости от градусо-часов
(в числителе – МПа, в знаменателе, %)

Условия твердения	Условное теплосодержание, градусо-часы	Продолжительность термообработки, сутки	
		1	28
В гелиосистеме	928	13.3/77.0	25.3/100
В камере при 55°C по режиму 3+6+3 ч	942	14.1/557.6	24.8/100

Для изучения зависимости степени нарастания прочности бетона при гелиотермообработке от условного теплосодержания были проведены специальные эксперименты. В одном случае бетон твердел в естественных условиях с температурными режимами, показанными на рисунке 1, 2, а в другом – бетон подвергали тепловой обработке в камере.

При этом режим твердения задавали с таким расчетом, чтобы бетон через сутки имел условное теплосодержание, равное 928 градусо-часам. Приготовленная бетонная смесь имела температуру 29°C. Сформованные бетонные кубы с ребром 10 см выдерживали три часа, затем их подвергали тепловой обработке при температуре 60°C при режиме 3+6+3 часа. После остывания бетона до 30°C его температура практически не изменялась. Таким образом, за одни сутки твердения бетон имел теплоснабжение 942 градусо-часа, практически равное

теплосодержанию бетона, твердевшего в естественных условиях с гелиопокрытием МПС.

Результаты испытания бетона (табл. 2) свидетельствуют, что при гелиотермообработке бетона с температурой разогрева до 77°C обеспечивается достижение требуемых показателей условного показателя теплосодержания бетонного образца (градусо-часы).

Выводы

1. Использование галечного аккумулятора и установки ООТ обеспечивает твердение бетона в благоприятных температурно-влажностных условиях в течение светового дня и ночного периода времени с незначительным градиентом температур по толщине изделия.

2. Применение предложенной гелиотехнической системы позволяет повысить эффективность использования солнечной энергии для ускорения твердения бетона в условиях сухого и жаркого климата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айменов Ж. Т. Солнечная энергия как источник решения энергетических проблем в строительстве // Математика и информатика. Алматы, 1999. №2. С. 3-6.
2. Айменов Ж. Т. Эффективные методы ускорения твердения бетона путем использования солнечной энергии // Вестник КазНАЕН. Астана, 2012. №1. С. 45-47.
3. Заседателев И. Б. Увеличение периода сезонной эксплуатации гелиополигонов / И. Б. Заседателев, С.-А. Ю. Муртазаев, А. В. Ткачев, М. М. Малоров // Специальные бетоны и сооружения. М: ВНИПИ Теплопроект, 1985. С. 3-19.
4. Муртазаев С.-А. Ю., Алиев С. А., Нахаев М. Р. Производство бетонных композитов на техногенном сырье с применением гелиотехнологии // Современные проблемы геологии, географии и геоэкологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения В. И. Вернадского, г. Грозный 25-28 марта 2013 г. Махачкала: АЛЕФ (ИП Овчинников М. А.). С. 298-302.
5. Айменов Ж. Т. Энергосберегающие ускорения твердения бетона путем использования солнечной энергии / Ж. Т. Айменов, Б. К. Сарсенбаев, А. Ж. Айменов, Б. Н. Сарсенбаев, Ж. А. Алдияров, Г. Сауганова // Сб. тр. Межд. научно-практ. конф. «Наукоемкие технологии и инновации». Белгород: БелГТУ им. Шухова, 2019. С. 8-13.
6. Айменов Ж. Т. Гелиотехнические системы и перспективы их применения для тепловой обработки бетонов на основе композиционных вяжущих / Ж. Т. Айменов, Б. К. Сарсенбаев, Н. Б. Сарсенбаев, А. Ж. Айменов, Ж. А. Алдияров, Г. Р. Сауганова // Сб. тр. Межд. научно-практ. конф. «Наукоемкие технологии и инновации». Белгород: БелГТУ им. Шухова, 2019. С. 14-19.
7. Айменов Ж. Т., Алдияров А. Ж. Гелиотехнические системы и перспективы их применения для тепловой обработки шлакощелочных бетонов // Сб. тр. Межд. научно-практ. конф. «Развитие науки и образования независимого Казахстана в условиях глобальных вызовов современности». Шымкент, 2013. 10 том. С. 98-101.
8. Айменов Ж. Т., Алдияров Ж. А. Гелиотехническая установка для отопления жилых зданий // Труды Международной научно-технической конференции «Наука и образование – эффективные рычаги реализации стратегии «Казахстан 2030». А.: Гылым, 1998. С. 218-224.
9. Айменов Ж. Т., Алдияров Ж. А., Кенжетеев Г. Ж. Гелиотехнические установки для преобразования солнечной энергии в тепловую // Сб. тр. 1-ой Регион. студ. конф. по естеств., техн., гуман. и соц. наукам. Шымкент, 1999. С. 50-52.
10. Айменов Ж. Т., Алдияров А. Ж., Кенжетеев Г. Ж. Расчет тепловых процессов в гелиотехнической системе // Вестник МКТУ. №2. 1999. С. 97-99.
11. Алиев А. С. Особенности распределения солнечной радиации на различно-ориентированные поверхности при тепловой обработке / А. С. Алиев, М. Ш. Саламанова, Р. С.-А. Муртазаева, З. Х. Исмаилова // Вестник Комплексного научно-исследовательского института им. Х. И. Ибрагимова Российской академии наук. №1 (5). 2021. С. 27-34. DOI: 10.34824/VKNPIRAN. 2021.5.1.003

HELIOSYSTEMS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF THE USE OF SOLAR ENERGY IN CONCRETE TECHNOLOGY

© ¹A. Zh. Aimenov, ¹Zh. T. Aimenov, ²Kh. E. Taimaskhanov, ²R. S.-A. Murtazaeva

¹*M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan*

²*GSTOU named after acad. M. D. Millionshchikov, Grozny, Russia*

The results of the study of the influence of the proposed heliosystems for increasing the efficiency of using solar energy in concrete technology are presented. In this case, the temperature fields of the concrete of products maintained under solar coating and under the MPS were investigated. The effect of the open surface modulus on the temperature regime of hardening, the temperature distribution over the cross section, was studied. The experiments showed the efficiency of the use of solar energy by using a solar system for the intensification of concrete hardening in a dry, hot climate.

Keywords: solar coating, temperature conditions, heat content, heat exposure, temperature conditions, strength.

REFERENCES

1. Aimenov, Zh. T. (1999) 'Solnechnaya energiya kak istochnik resheniya energeticheskikh problem v stroitel'stve', *Zh.: Matematika i informatika*. [Solar energy as a source of solving energy problems in construction. Mathematics and Informatics], No. 2, Almaty P. 3-6.
2. Aimenov, Zh. T. (2012) 'Effektivnye metody uskoreniya tverdeniya betona putem ispol'zovaniya solnechnoi energii'. *Zh.: Vestnik KazNAEN*. [Effective methods of accelerating concrete hardening by using solar energy. J.: Bulletin of KazNAEN], Astana, No. 1, pp. 45-47.
3. Zasedatelev, I. B., Murtazaev, S.-A. Yu., Tkachev, A. V. and Maloroev, M. M. (1985) 'Uvelichenie perioda sezonnoi ekspluatatsii geliopoligonov'. *Spetsial'nye betony i sooruzheniya*, [Increasing the period of seasonal operation of heliopolygons. Special concrete and structures]. Moscow. P. 3-19.
4. Murtazaev, S.-A. Yu., Aliev, S. A. and Nahaev, M. R. (2013) 'Production of concrete composites on technogenic raw materials with the use of solar technology. Proizvodstvo betonnykh kompozitov na tekhnogennom syr'e s primeneniem geliotekhnologii'. *Sovremennyye problemy geologii, geografii i geoekologii. Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 150-letiyu so dnya rozhdeniya V.I. Vernadskogo. g. Grozny 25-28 marta 2013 g.* [Modern problems of geology, geography and geoecology. Materials of the All-Russian scientific-practical conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of V. I. Vernadsky]. Grozny. March 25-28, Makhachkala: ALEF (IE Ovchinnikov M. A.). P. 298-302
5. Aimenov, Zh. T., Sarsenbaev, B. K., Aimenov, A. Zh., Sarsenbaev, B. N., Aldiyarov, Zh. A. and Sauganova, G. (2019) 'Energoberegayushchie uskoreniya tverdeniya betona putem ispol'zovaniya solnechnoi energii'. *Sb. tr. Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Naukoemkie tekhnologii i innovatsii», BelGTU, im. Shukhova*. [Energy-saving acceleration of concrete hardening by using solar energy. Proceedings of scientific and practical. conf. "Science-intensive technologies and innovations"], BelSTU, them. Shukhova, Belgorod, pp. 8-13.
6. Aimenov, Zh. T., Sarsenbaev, B. K., Sarsenbaev, N. B., Aimenov, A. Zh., Aldiyarov, Zh. A. and Sauganova, G. R. (2019) 'Geliotekhnicheskie sistemy i perspektivy ikh primeneniya dlya teplovoi obrabotki betonov na osnove kompozitsionnykh vyazhushchikh'. *Sb. tr. Mezhd. nauchno-prakt. konf. «Naukoemkie tekhnologii i innovatsii», BelGTU, im. Shukhova*. [Solar systems and prospects for their application for heat treatment of concretes based on composite binders. Proceedings of scientific and practical. conf. "Science-intensive technologies and innovations"], BelSTU, them. Shukhova, Belgorod, p. 14-19.

7. Aymenov, Zh. T. and Aldiyarov, A. Zh. (2013) 'Geliotekhnicheskie sistemy i perspektivy ikh primeneniya dlya teplovoi obrabotki shlakoshchelochnykh betonov'. *Sb. tr. mezhd. nauchno-prakt. konf. «Razvitie nauki i obrazovaniya nezavisimogo Kazakhstana v usloviyakh global'nykh vyzovov sovremennosti»* [Heliotechnical systems and prospects of their application for heat treatment of slag-alkaline concretes. Proceedings of int. scientific and practical conf. "Development of science and education of independent Kazakhstan in the context of global challenges of our time"], Shymkent, volume 10, pp. 98-101.
8. Aimenov, Zh. T. and Aldiyarov, Zh. A. (1998) 'Geliotekhnicheskaya ustanovka dlya otopeniya zhilykh zdaniy' *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii «Nauka i obrazovanie – effektivnye rychnagi realizatsii strategii «Kazakhstan 2030»*. [Solar plant for heating residential buildings. Proceedings of the international scientific and technical conference "Science and education – effective levers for the implementation of the strategy" Kazakhstan 2030 "]. Gylym, Almaty, Pp. 218-224.
9. Aymenov, Zh. T., Aldiyarov, Zh. A. and Kenzhetaev, G. Zh. (1999) 'Geliotekhnicheskie ustanovki dlya preobrazovaniya solnechnoi energii v teplovuyu'. *Sb. tr. I-oi Region. stud. konf. po estestv., tekhn., guman. i sots. Naukam.* [Solar installations for converting solar energy into thermal energy. Proceedings of the 1st Region. stud. conf. in nature., tech., human. and social sciences], Shymkent, pp. 50-52.
10. Aimenov, Zh. T. Aldiyarov and A. Zh. Kenzhetaev, G. Zh. (1999) 'Raschet teplovykh protsessov v geliotekhnicheskoi sisteme' [Calculation of thermal processes in the solar system]. *Vestnik MKTU*, No. 2, pp. 97-99.
11. Aliev, A. S, Salamanova, M. Sh., Murtazaeva, R. S-A. and Ismailova, Z. Kh, (2021) / *Osobennosti raspredeleniya solnechnoi radiatsii na razlichno-orientirovannye poverkhnosti pri teplovoi obrabotke*'. [Features of the distribution of solar radiation on variously oriented surfaces during heat treatment]. *Vestnik Kompleksnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta im. Kh. I. Ibragimova Rossiiskoi akademii nauk*. No. 1 (5), p. 27-34. DOI: 10.34824 / VKNIIRAN. 2021.5.1.003