

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 691.327:66.04:662.998.002.234

М. С. Бибик, канд. техн. наук

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМООБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ В ЯМНЫХ КАМЕРАХ НА ПОЛИГОНАХ ОАО «ЗАВОД СЖБ № 1»

Статья посвящена актуальной проблеме экономии тепловой энергии при термообработке железобетонных изделий. Рассмотрено одно из направлений энергосбережения – снижение теплотерь через ограждающие конструкции ямных пропарочных камер. В результате исследований температурных режимов камер на полигонах завода, выполненных с использованием электронных датчиков, были получены данные для принятия конструктивных решений по утеплению стенок ряда камер с целью снижения теплотерь в окружающую среду. Приведены сравнительные данные по температурным режимам в камерах до и после утепления, свидетельствующие об эффективности утепления.

Введение

Производство сборного железобетона относится к числу наиболее энергоемких технологий. По данным [1] затраты энергии на изготовление 1 м³ железобетона составляют 1250–2000 МДж, а общезаводская энергоемкость на предприятиях, выпускающих такие изделия, достигает 1700–3000 МДж/м³. При этом в энергетическом балансе заводов сборного железобетона

из общего количества потребляемой энергии основная ее часть приходится на долю тепловой энергии, а остальная часть – на долю электроэнергии. Наглядное представление о соотношении этих видов энергии в общем энергопотреблении и о структуре энергозатрат при производстве сборного железобетона дает табл. 1 [1].

Табл. 1. Структура энергозатрат при производстве сборного железобетона

Производство железобетона	Всего энергии, %	В том числе	
		электрической	тепловой
Приготовление бетонной смеси	0,38	0,35	0,03
Хранение материалов на складах: цемента заполнителей с подогревом	0,25	0,25	–
	2,85	0,15	2,7
Изготовление арматуры, включая склад стали	7,5	7,5	–
Формование изделий, подготовка форм, укладка арматуры, отделка поверхности изделий и приготовление смазки	8,6	7,4	1,2
Тепловлажностная обработка	55,0	–	55,0
Внутрицеховой и заводской транспорт	1,95	1,95	–
Ремонтные службы	2,2	1,8	0,4
Отопление и горячая вода	10,02	–	10,02
Освещение и вентиляция	2,45	2,45	–
Прочие работы	8,8	0,45	8,35

Из табл. 1 видно, что из общей потребности тепловой энергии около 70 % расходуется на термообработку изделий, подогрев заполнителей, воды затворения и смазки для форм, причем львиная доля тепловой энергии (55 %) затрачивается собственно на термообработку. Приведенные данные свидетельствуют о наличии в производстве сборного железобетона значительного потенциала энергосбережения. Из этих данных также следует, что наибольший эффект в этом направлении может быть достигнут вследствие снижения затрат тепловой энергии на термообработку изделий за счет:

- совершенствования и оптимизации методов и режимов тепловлажностной обработки железобетонных изделий, применения мягких, термосных и частично-термосных режимов;

- применения эффективных химических добавок-модификаторов, обеспечивающих ускорение темпов набора прочности бетона и сокращения времени термообработки;

- снижения теплопотерь в окружающую среду вследствие обеспечения надежной теплоизоляцией ограждающих конструкций пропарочных камер и паропроводов.

Экспериментальная часть выполнена при участии сотрудников технологического отдела завода Е. В. Римашевской и Г. М. Бибика (подготовка и программирование измерителей-регистраторов, считывание информации) и И. И. Тулупова (обработка и анализ данных).

Основная часть. Характерной особенностью ОАО «Завод сборного железобетона № 1» является то, что основной объем выпускаемой продукции производится на двух полигонах под открытым небом, а тепловлажностная обработка изделий осуществляется в ямных пропарочных камерах на этих полигонах. За период многолетней эксплуатации в условиях постоянного атмосферного воздействия произошло существенное ухудшение теплозащитных свойств ограждающих конструкций камер, в связи с чем возросли

теплопотери в окружающую среду. В результате даже в условиях назначения оптимальных энергосберегающих режимов термообработки изделий и применения в бетоне эффективных химических добавок в ряде камер не обеспечивалось достижение требуемой прочности бетона после термообработки. Для установления состояния теплозащиты ограждающих конструкций камер и обеспечения требуемой прочности пропариваемых изделий нами были выполнены исследования по оценке фактических температурных режимов в ряде пропарочных камер. На основании анализа полученных данных принимались решения по необходимости утепления ограждающих конструкций в той или иной камере с целью снижения теплопотерь. При этом для утепления стенок камер взамен отслужившей свой срок минераловатной теплоизоляции предусматривалось устройство теплозащитного слоя в виде кладки из опилкобетонных пустотных мелкоштучных блоков.

Средства измерений. Для исследования и оценки фактических температурных режимов в камерах до и после их утепления были использованы электронные беспроводные датчики DS 1921 универсальной системы температурного мониторинга «Термохрон» [2]. Выбор этих датчиков был обусловлен тем, что по своим качествам они наиболее полно отвечают задачам исследований и удобны в эксплуатации. Датчики DS 1921 не нуждаются в соединительных проводах и обеспечивают регистрацию температуры через определенные, заранее заданные интервалы времени и сохранение полученной информации в собственной энергонезависимой памяти. По своим размерам и внешнему виду датчик напоминает дисковую батарейку или «таблетку» небольших размеров, благодаря чему его легко можно разместить или прикрепить к форме пропариваемого изделия в труднодоступных местах пропарочной камеры. Этот датчик является полностью автономным

экономичным датчиком, питаемым миниатюрной литиевой батареей, емкости которой хватает для непрерывной эксплуатации в течение 8–9 лет. В корпусе датчика имеются точные часы-календарь, с помощью которых для каждого измеренного значения температуры фиксируется время ее замера в соответствии с заданной программой, в связи с чем информацию, накопленную этими датчиками, невозможно исказить, и пользователь видит подлинную картину изменения температуры в пропарочной камере.

Методика исследования. Процесс установки и снятия температурных датчиков-регистраторов DS 1921 в пропарочных камерах или на пропариваемых железобетонных изделиях контролировался работниками заводской лаборатории и технологического отдела. Их крепление в пропарочных камерах осуществлялось с использованием пластиковых брелков (брелок с «таблеткой» DS 1921 подвешивался за выступы внутри камеры или крепился к элементам оснастки).

Перед установкой датчиков DS 1921 в пропарочной камере их программировали. Для этого датчики поочередно устанавливали в присоединенный к компьютеру адаптер и с использованием программы DS 1921 задавали основные параметры температурного мониторинга (момент начала замеров и временной интервал между ними), после чего запрограммированные датчики устанавливали в пропарочных камерах. После окончания тепловлажностной обработки датчики извлекали из пропарочных камер и, поочередно устанавливая в адаптер, с помощью компьютера считывали информацию.

Результаты исследований. В процессе проведения температурного мониторинга в первую очередь были выполнены оценка и анализ фактических температурных режимов тепловлажностной обработки камер, в которых осуществляется изготовление и термообработка свай – изделий, для которых должна быть обеспечена после термообработки 100-процентная отпускная прочность и которые

составляют значительную долю от общего объема выпускаемой продукции. Температурный мониторинг был выполнен как для условий 0,5 и 1 оборота камер в сутки, так и для условий термостатического выдерживания изделий в течение нескольких суток в выходные и праздничные дни при различной температуре наружного воздуха в диапазоне 23–25...8–11 °С днем и 16...3–4 °С ночью соответственно. Датчики DS 1921 крепили к формам пропариваемых изделий по три датчика в каждой камере и располагали по высоте на уровне верха формы, а в плане – по продольной оси камеры: один по центру и два по краям камеры, на расстоянии 0,5 м от ее краев. Пропаривание изделий осуществляли в ручном режиме, причем в обычные (рабочие) дни подачу пара включали в 22.00 ч, а в 5.00 ч подачу прекращали. Результаты температурного мониторинга процесса тепловлажностной обработки по некоторым камерам до и после их утепления представлены на рис. 1–7 и в табл. 2 и 3.

Анализ приведенных данных позволяет отметить одно весьма важное обстоятельство. Графики на рис. 1–7 построены по данным датчиков DS 1921, регистрирующих фактическую температуру в камерах через заданные интервалы времени. Они зеркально отражают изменение температуры в течение всего цикла тепловлажностной обработки, характеризуют ее качество и фиксируют все отклонения, допущенные в процессе ручного режима пропаривания.

На первом этапе исследований был проведен температурный мониторинг неутепленных пропарочных камер № 1, 2, 5–7, 8, 10, 11. Полученные результаты представлены на рис. 1, 2, 5, 6 и в табл. 2 и 3. На рис. 1 дано сравнение температурных режимов в неутепленной пропарочной камере № 2 при двух значениях температуры наружного воздуха ($t_{\text{нар.возд.}}$) – 14–16/11–13 °С и 23–25/16 °С (над чертой – дневная, под чертой – ночная температура). Из данного графика видно,

что при более высокой температуре наружного воздуха закономерно более интенсивно происходил подъем температуры в камере и более плавным было ее снижение после отключения подачи пара. В частности, при $t_{нар.возд.} = 23-25/16$ °С температура в камере за 1 ч повысилась с 38 до 70 °С, т. е. на 32 °С, за 2 ч – с 38 до 81 °С,

т. е. на 43 °С, а при $t_{нар.возд.} = 14-16/11-13$ °С – за 1 ч – с 38 до 53 °С, т. е. на 15 °С, за 2 ч – с 38 до 61 °С, т. е. на 23 °С. В конце периода подъема температуры ее величина t_{max} при $t_{нар.возд.} = 23-25/16$ °С была выше, чем при $t_{нар.возд.} = 14-16/11-13$ °С, и составляла 85 °С против 81,5 °С.

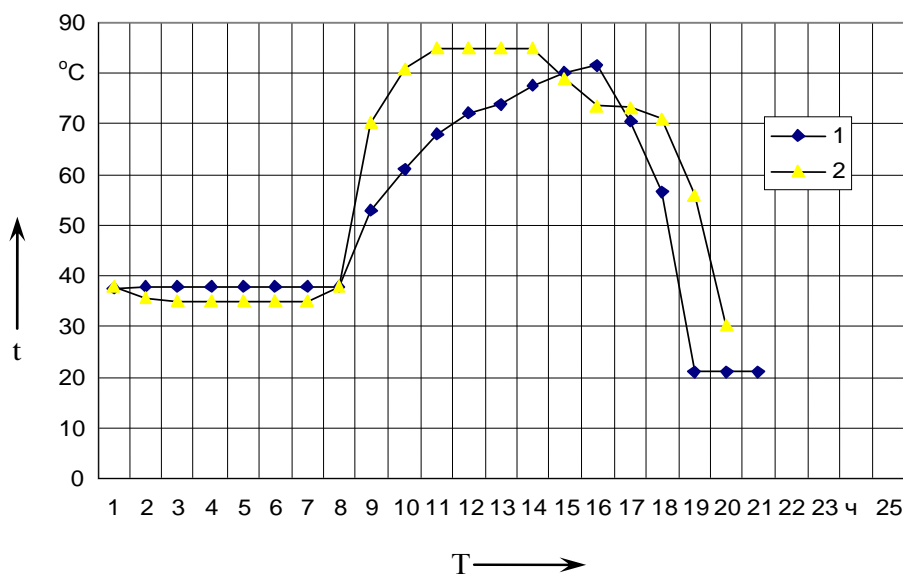


Рис. 1. Температурный режим в неутепленной пропарочной камере № 2 в процессе тепловлажностной обработки при различной температуре наружного воздуха: 1 – $t_{нар.возд.} = 14-16 / 11-13$ °С; 2 – $t_{нар.возд.} = 23-25 / 11-13$ °С

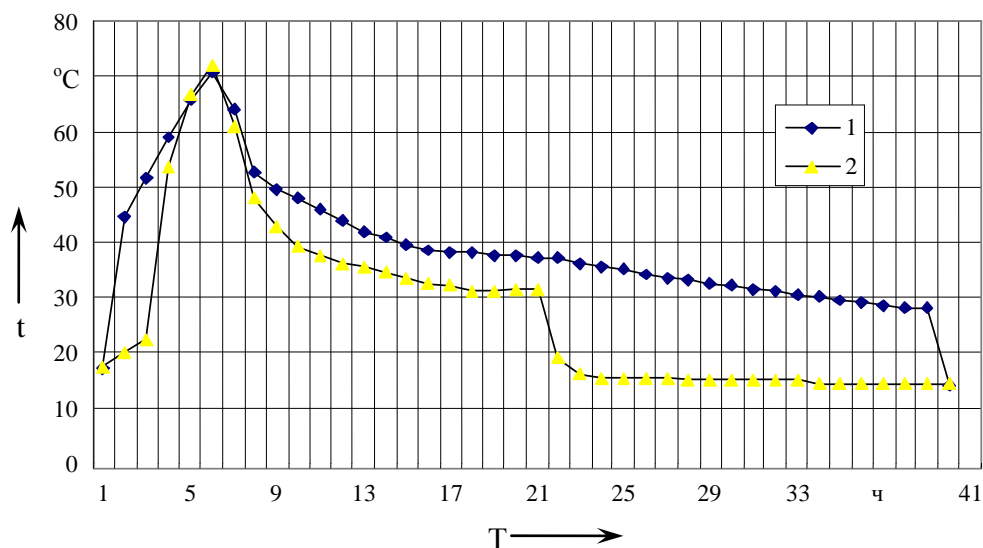


Рис. 2. Сравнение температурных режимов в неутепленных пропарочных камерах № 7 и 10 в процессе тепловлажностной обработки при одинаковой температуре наружного воздуха $t_{нар.возд.} = 8-11 / 3-4$ °С: 1 – камера № 7; 2 – камера № 10

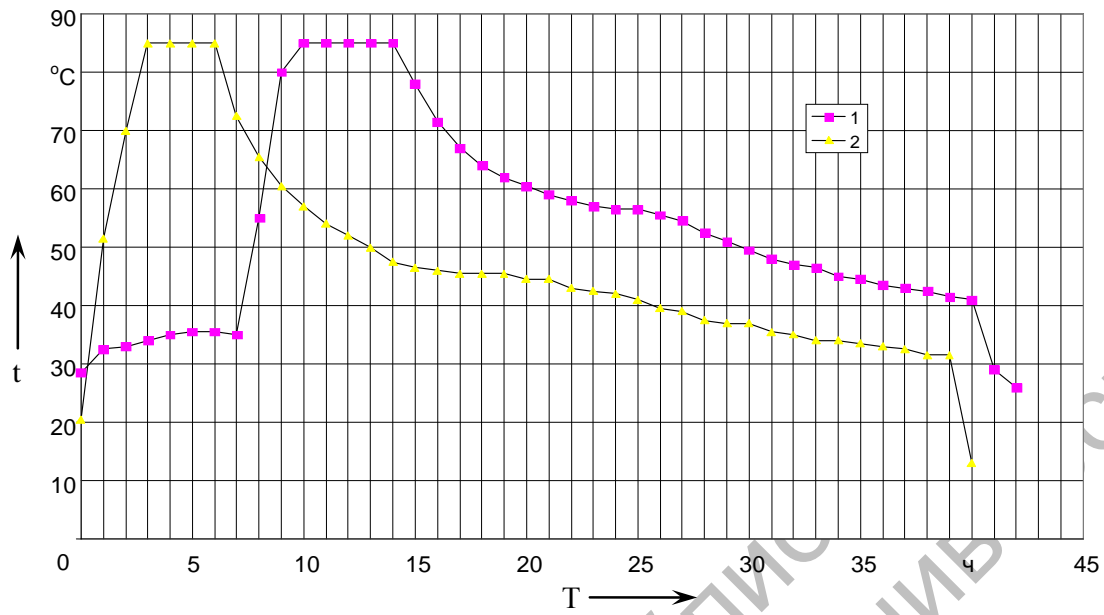


Рис. 3. Сравнение температурного режима тепловлажностной обработки в утепленной пропарочной камере № 4 при различной температуре наружного воздуха: 1 – $t_{\text{нар.возд.}} = 18-20 / 10^{\circ}\text{C}$; 2 – $t_{\text{нар.возд.}} = 8-11 / 3-4^{\circ}\text{C}$

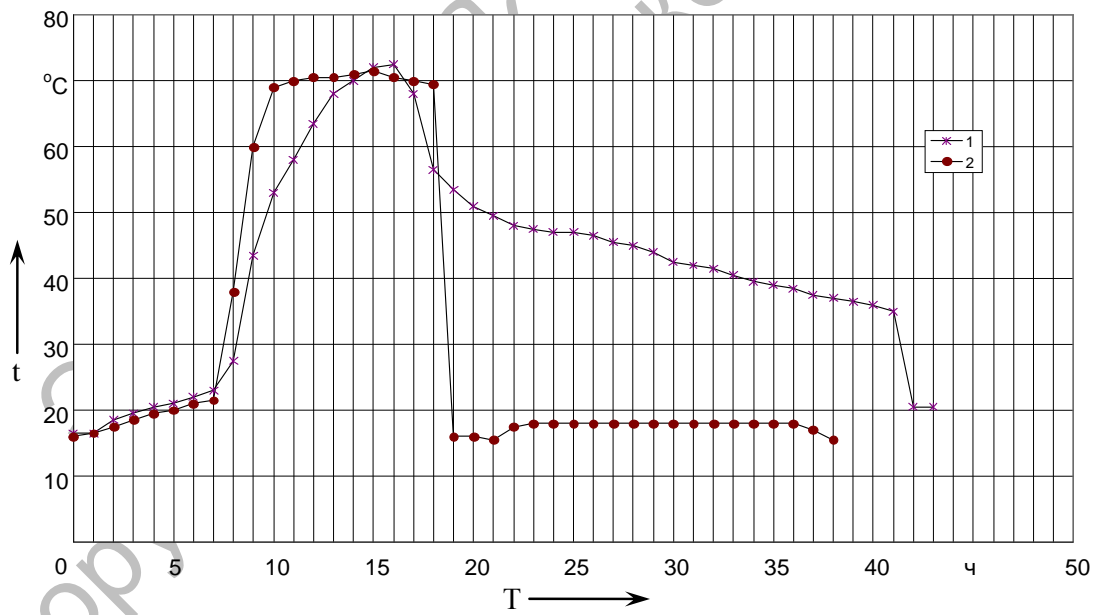


Рис. 4. Сравнение температурных режимов тепловлажностной обработки в утепленных пропарочных камерах № 11 и 8 при одинаковой температуре наружного воздуха $t_{\text{нар.возд.}} = 10-20 / 1^{\circ}\text{C}$: 1 – камера № 11; 2 – камера № 8

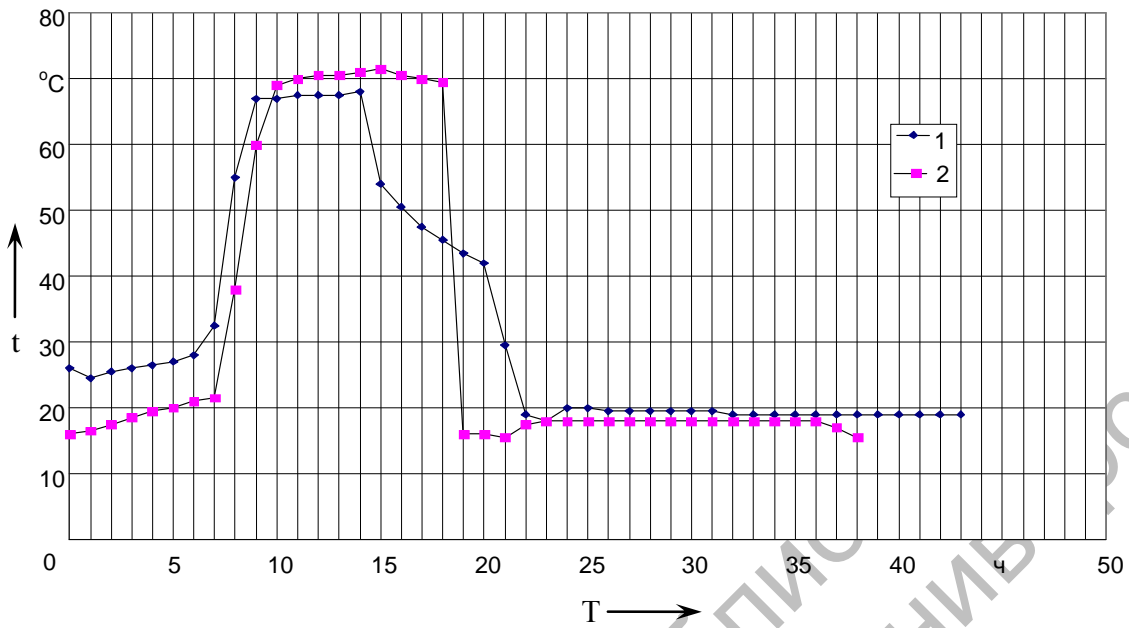


Рис. 5. Температурный режим тепловлажностной обработки в пропарочной камере № 8 до и после утепления стенок камеры: 1 – до утепления, $t_{нар.возд.} = 17-19 / 13^{\circ}\text{C}$; 2 – после утепления, $t_{нар.возд.} = 10-12 / 1^{\circ}\text{C}$

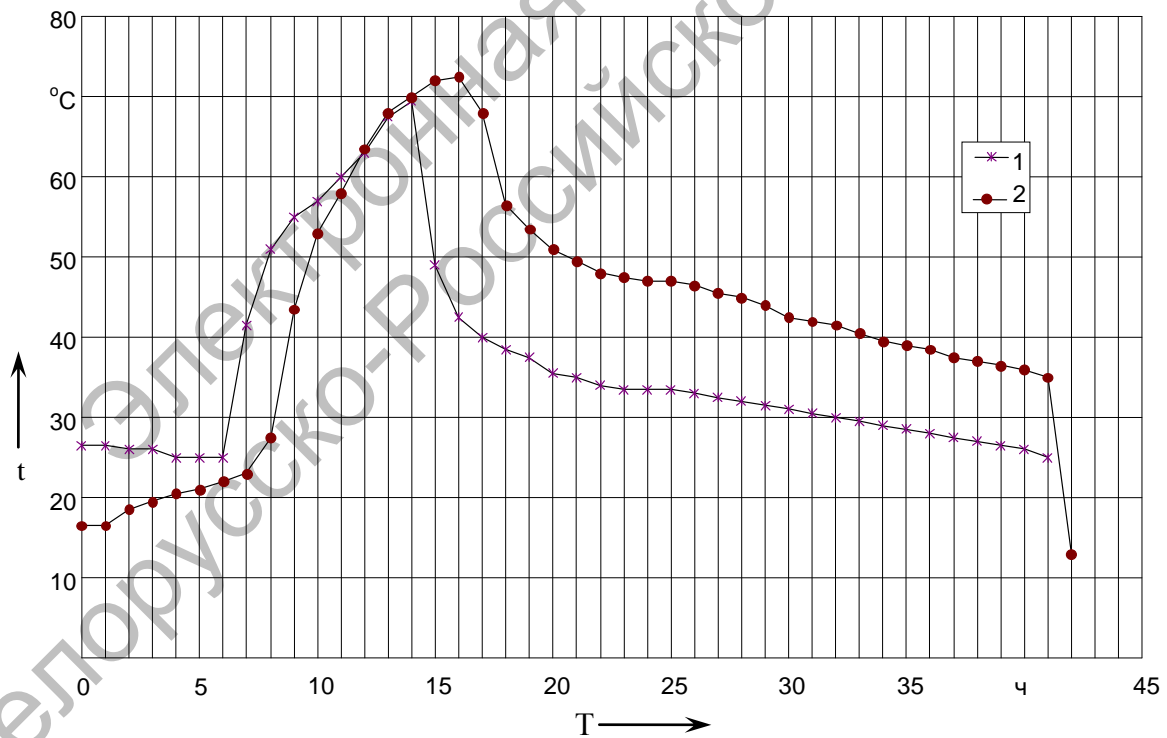


Рис. 6. Температурный режим тепловлажностной обработки в пропарочной камере № 11 до и после утепления стенок камеры: 1 – до утепления, $t_{нар.возд.} = 17-19 / 13^{\circ}\text{C}$; 2 – после утепления, $t_{нар.возд.} = 10-12 / 1^{\circ}\text{C}$

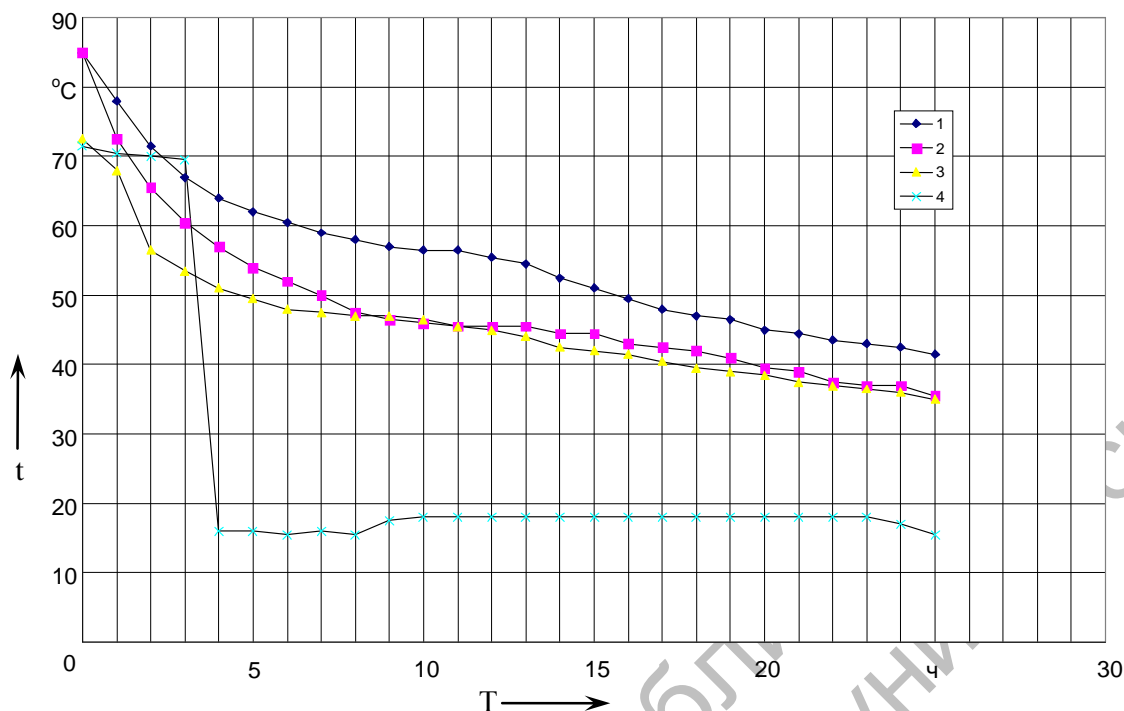


Рис. 7. Снижение температуры в утепленных пропарочных камерах № 4, 11, 8 после прекращения подачи пара при различной температуре наружного воздуха: 1 – камера № 4, $t_{\text{нар.возд.}} = 18-20 / 10$ °C; 2 – камера № 4, $t_{\text{нар.возд.}} = 8-11 / 3-4$ °C; 3 – камера № 11, $t_{\text{нар.возд.}} = 10-12 / 1$ °C; 4 – камера № 8, $t_{\text{нар.возд.}} = 10-12 / 1$ °C

Из представленных данных также видно, что в процессе охлаждения после прекращения подачи пара снижение температуры в пропарочной камере при $t_{\text{нар.возд.}} = 23-25 / 16$ °C происходило менее интенсивно, чем при $t_{\text{нар.возд.}} = 14-16 / 11-13$ °C. В частности, через 2 ч после отключения пара температура в камере при $t_{\text{нар.возд.}} = 23-25 / 16$ °C снизилась с 85 до 73,5 °C, или на 11,5 °C, в то время как при $t_{\text{нар.возд.}} = 14-16 / 11-13$ °C она снизилась с 81,5 до 56,5 °C, или на 25 °C.

На рис. 2 дано сравнение температурных режимов в неутепленных пропарочных камерах № 7 и 10 при одинаковой температуре наружного воздуха $t_{\text{нар.возд.}} = 8-11 / 3-4$ °C. Из приведенных данных видно, что в камере № 10 по сравнению с камерой № 7 наблюдался более резкий подъем температуры и более интенсивное ее снижение после прекращения подачи пара. В частности, снижение температуры в исследуемых камерах составляло:

– через 1 ч:

а) в камере № 10 – с 72 до 61 °C, или на 11 °C;

б) в камере № 7 – с 70,5 до 64 °C, или на 6,5 °C;

– через 2 ч:

а) в камере № 10 – с 72 до 48 °C, или на 24 °C;

б) в камере № 7 – с 70,5 до 52,5 °C, или на 18 °C;

– через 5 ч:

а) в камере № 10 – с 72 до 39 °C, или на 33 °C;

б) в камере № 7 – с 70,5 до 52,549 °C, или на 21 °C.

Эти данные свидетельствуют о том, что теплозащитные свойства ограждающих конструкций камеры № 10 ниже, а теплопотери выше по сравнению с камерой № 7.

Интенсивное снижение температуры в период охлаждения было зафиксировано также и в других неутепленных камерах, о чем наглядно свидетельствуют данные табл. 2.

Табл. 2. Сравнительные данные по интенсивности снижения температуры в неутепленных и утепленных пропарочных камерах (по данным температурного мониторинга)

Характеристики температурного режима	Номер камеры и наличие утепления										
	1 (неутепленная)	7 (неутепленная)	10 (неутепленная)	8		11		4 (утепленная)			
				до	после	до	после				
Дата проведения мониторинга	14-15 янв. 2008 г.	9-11 окт. 2007 г.	9-11 окт. 2007 г.	30 июля - 1 авг. 2007 г.	13-15 мая 2008 г.	30 июля - 1 авг. 2007 г.	13-15 мая 2008 г.	13-15 авг. 2007 г.			
Температура наружного воздуха $t_{нар.возд.}, ^\circ C$	0-(+2) (-4)	8-11 3-4	8-11 3-4	17-19 13	10-12 1	17-19 13	10-12 1	18-20 10			
Температура в камере в момент включения подачи пара $t_0, ^\circ C$	14	17	22,5	28	21,5	25	23	35			
Максимальная температура в камере в конце периода ее подъема $t_{max}, ^\circ C$	85	70,5	72	68	83	69,5	72,5	85			
Температура в камере в момент открывания крышки камеры, $^{\circ}C$	50	28	31,5	29,5	69,5	26	35	41			
Время от начала охлаждения до открывания крышки камеры, ч	5	33	15	7	6	26	25	26			
Снижение температуры в камере после прекращения подачи пара: над чертой - температура $t_0, ^\circ C$, под чертой - величина ее снижения $(t_{max} - t_0) / t_{max}, \%$, через:	1 ч	71/16,5	56,5/19,2	61/15,3	54/20,6	75,5/9	49/29,5	68/6,2	78/8,2		
	2 ч	62,5/26,5	52,5/25,5	48/33,3	50,5/25,7	72,5/12,7	42,5/38,8	56,5/22,1	71,5/15,9		
	3 ч	57/32,9	49,5/29,8	43/40,3	47,5/30,1	71,5/13,9	40/42,4	53,5/26,2	67/21,2		
	4 ч	52,5/38,2	48/31,9	39/45,8	45,5/33,1	70,5/15,1	38,5/44,6	51/29,7	64/24,7		
	5 ч	50/41,2*	46/34,8	37,5/47,9	43,5/36	70/15,7	37,5/46	49,5/31,7	62/27,1		
	6 ч	-	44/37,6	36/50	42/38,2	69,5/16,3*	35,5/48,9	48/33,8	60,5/28,8		
	7 ч	-	42/40,4	35,5/50,7	29,5/56,6*	-	35/49,6	47,5/34,5	59/30,6		
	8 ч	-	41/41,8	34,5/52,1	-	-	34/51,1	47/35,2	58/31,8		
	9 ч	-	39,5/44	33,5/53,5	-	-	33,5/51,8	47/35,2	57/32,9		
	10 ч	-	38,5/45,4	32,5/54,9	-	-	33,5/51,8	46,5/35,9	56,5/33,5		

Окончание табл. 2

Характеристики температурного режима	Номер камеры и наличие утепления									
	1 (неутепленная)	7 (неутепленная)	10 (неутепленная)	8		11		4 (утепленная)		
				до	после утепления	до	после утепления			
Снижение температуры в камере после прекращения подачи пара: над чертой – температура t_i , °С, под чертой – величина ее снижения ($t_{\text{max}} - t_i$) / t_{max} , %, через:	15 ч	37/47,5	31,5/56,3*	–	–	31,5/54,7	42/42,1	51/40		
	16 ч	37/47,5	–	–	–	31/55,4	41,5/42,8	49,5/41,8		
	17 ч	36/48,9	–	–	–	30,5/56,1	40,5/44,1	48/43,5		
	18 ч	35,5/49,6	–	–	–	30/56,8	39,5/45,5	47/44,7		
	19 ч	35/50,4	–	–	–	29,5/57,6	39/46,2	46,5/45,3		
	25 ч	31,5/55,3	–	–	–	26,5/61,9	35/51,7*	41,5/51,2		
	26 ч	31/56	–	–	–	26/62,6*	–	41/51,8*		
33 ч	–	28/60,3*	–	–	–	–	–	–		
Относительная прочность бетона после тепло-влажностной обработки, процент от марочной	60	64,4	62,3	86	88	72	94,3	97,6		

Примечание – * – На момент открывания крышки камеры

Табл. 3. Сравнение температурных режимов в пропарочных камерах № 8 и 11 до и после утепления

Характеристики температурного режима	Камера № 8		Камера № 11	
	до	после	до	после
	утепления		утепления	
Температура наружного воздуха в течение процесса термообработки и замеров температуры в камере, °С (дневная/ночная)	<u>17–19</u> 13	<u>10–12</u> 1	<u>17–19</u> 13	<u>10–12</u> 1
Температура в камере в момент включения подачи пара, °С	28	21,5	25	23
Максимальная температура в камере в конце периода ее подъема на момент отключения пара, °С	68	71,5	69,5	72,5
Прирост температуры в камере в период ее подъема по сравнению с начальной температурой в момент включения подачи пара, °С, через:				
1 ч	4,5	16,5	16,5	14,5
2 ч	27	38,5	26	26,5
3 ч	39	47,5	30	30
4 ч	39	48,5	34	35
5 ч	39,5	49	35	40,5
Величина снижения температуры в камере в период охлаждения по сравнению с максимальной температурой в конце периода ее подъема, °С, через:				
1 ч	14	7,5	20,5	4,5
2 ч	17,5	10,5	27	16
3 ч	20,5	11,5	29,5	19
4 ч	22,5	12,5	31	21,52
5 ч	24,5	13	32	23
Относительная прочность бетона после тепловлажностной обработки, процент от марочной	86	88	72	94,3

В частности, через 1 ч после прекращения подачи пара температура в камере № 1 снизилась по сравнению с t_{\max} в этой камере на 14 °С, или на 16,5 %, в камере № 8 до ее утепления – на 14 °С, или на 20,6 %, в камере № 11 до ее утепления – на 20,5 °С, или на 29,5 %, а через 5 ч снижение температуры в этих камерах составило 35 °С (41,2 %), 24,5 °С (36 %) и 32 °С (46 %), соответственно. Очевидно, что этим в значительной степени обусловлены пониженные значения относительной прочности бетона после термообработки, составившие для камер № 1, 7, 10 соответственно 60, 64,4 и 62,3 % от марочной.

С целью снижения теплотерь через ограждающие конструкции камер и повышения эффективности тепловлажностной обработки изделий на нескольких камерах было выполнено утепление стенок путем устройства утепляющего слоя

кладки из арболитовых пустотных мелкоштучных блоков с последующей зашивкой стальным листом для защиты блоков от увлажнения, после чего был проведен мониторинг температурных режимов в этих камерах.

На рис. 3–6 и в табл. 2 и 3 представлены полученные данные и приведено их сравнение для некоторых камер до и после их утепления. На рис. 3 приведены сравнительные данные по изменению температуры в утепленной пропарочной камере № 4 при различной температуре наружного воздуха для режима термообработки, при котором после изотермического прогрева при $t_{\max} = 85$ °С изделия подвергались термосному охлаждению (при $t_{\text{нар.возд.}} = 18\text{--}20 / 10$ °С – 26 ч, при $t_{\text{нар.возд.}} = 8\text{--}11 / 3\text{--}4$ °С – 33 ч). Из сравнения представленных данных видно, что, как и для неутепленных камер, при более низкой температуре наружного

воздуха снижение температуры в камере протекает интенсивнее. В частности, через 1 ч после прекращения подачи пара при $t_{\text{нар.возд.}} = 8-11 / 3-4$ °С температура в камере снижалась на 12,5 °С, а при $t_{\text{нар.возд.}} = 18-20 / 10$ °С – на 7 °С, через 2 ч – на 19,5 и 13,5 °С и через 5 ч – на 28 и 21 °С. К концу термосного охлаждения влияние температуры наружного воздуха проявилось более ощутимо: при $t_{\text{нар.возд.}} = 18-20 / 10$ °С и длительности термосного охлаждения в течение 26 ч температура в камере перед открыванием крышки составила 41 °С, а относительная прочность бетона после термообработки – 97,6 % от марочной, в то время как при $t_{\text{нар.возд.}} = 8-11 / 3-4$ °С и длительности термосного охлаждения 33 ч – 31 °С и 71,6 % от марочной.

На рис. 4 дано сравнение температурных режимов в утепленных камерах № 11 и 8 при одинаковой температуре наружного воздуха $t_{\text{нар.возд.}} = 10-12 / 1$ °С, причем изделия в камере № 11 после изотермического прогрева подвергали термосному охлаждению в течение 25 ч, а в камере № 8 термообработка заканчивалась через 3 ч охлаждения. Из представленных данных видно, что до момента прекращения подачи пара нет существенных отличий в изменении температуры в обеих камерах, кроме более резкого ее подъема в камере № 8. Однако за счет длительного термосного охлаждения в камере № 11 обеспечена более высокая относительная прочность бетона – 94,3 % против 88 % от марочной.

На рис. 5 и 6 и в табл. 2 и 3 представлены сравнительные данные по температурным режимам в камерах № 8 и 11 до и после утепления, а на рис. 7 – данные по изменению температуры в утепленных камерах № 4, 8, 11 в период охлаждения. Как видно из рис. 5, характер и значения температур в камере № 8 при различной температуре наружного воздуха близки между собой. Значения температуры наружного воздуха различались почти в 2 раза, что свидетельствует о на-

дежности выполненного утепления камер. Таким образом обеспечены почти одинаковые значения относительной прочности бетона после термообработки. На рис. 6 приведено сравнение температурных режимов с термосным охлаждением в течение 25 ч в камере № 11 до и после утепления при различной температуре наружного воздуха. Представленные данные наглядно иллюстрируют эффект от утепления камеры. Особенно четко прослеживается на представленных графиках этот эффект на участке термосного охлаждения: снижение температуры через 1 ч после прекращения подачи пара в утепленной камере составило всего лишь 4,5 °С, или 6,2 %, при $t_{\text{нар.возд.}} = 10-12 / 1$ °С, в то время как в этой же камере до утепления за такой же промежуток времени при температуре наружного воздуха, которая почти в 2 раза выше, снижение температуры составляло 20,5 °С, или 29,5 %. Через 2 ч снижение температуры в этой камере до и после утепления составило 27 °С (38,8 %) и 16 °С (22,1 %) соответственно, а к моменту открытия крышки камеры через 25 ч после прекращения подачи пара температура в неутепленной камере составляла 25 °С, а после утепления – 35 °С. Благодаря снижению теплопотерь за счет утепления камеры и сохранению более высокой температуры твердения бетона при меньшей температуре наружного воздуха $t_{\text{нар.возд.}} = 10-12 / 1$ °С относительная прочность бетона после термообработки составила 94,3 % от марочной, в то время как до утепления камеры даже при более высокой температуре наружного воздуха $t_{\text{нар.возд.}} = 17-19 / 13$ °С относительная прочность бетона составила только 72 % от марочной.

На рис. 7 представлены данные по снижению температуры в утепленных камерах № 4, 8, 11 в период охлаждения после прекращения подачи пара в зависимости от температуры наружного воздуха. Из представленных данных видно, что в диапазоне иссле-

двух температур наружного воздуха $t_{\text{нар.возд.}} = 8-11 / 3-4 \dots 18-20 / 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ не наблюдалось существенной разницы в температурах камер (она находится в пределах $6,5-10 \text{ } ^\circ\text{C}$), что свидетельствует о надежной теплозащите этих камер. При этом была обеспечена относительная прочность бетона: в камере № 4 – 97,6 %, № 8 – 88 %, № 11 – 94,3 %.

В табл. 2 и 3 представлены сравнительные данные, полученные в результате обработки данных температурного мониторинга режимов тепловлажностной обработки в шести пропарочных камерах на полигонах завода. Анализ этих данных позволяет сделать вывод о том, что в результате выполненного утепления камер было достигнуто заметное снижение теплопотерь при тепловлажностной обработке изделий, что обеспечило повышение прочности бетона после термообработки. Это свидетельствует об эффективности принятого варианта утепления камер с использованием арболитовых пустотных блоков, обладающих, наряду с хорошими теплозащитными свойствами, высокой аккумулялирующей способностью, т. е. способностью длительное время удерживать тепло. Немаловажна и экономичность принятого решения, поскольку арболитовые блоки, использованные для утепления камер, были изготовлены на заводе собственными силами с использованием отходов деревообработки.

В заключение следует отметить важное достоинство использованных для температурного мониторинга датчиков – измерителей-регистраторов DS 1921. Обеспечивая удобную недорогую беспроводную систему оценки, своеобразного «аудита» температурных режимов в пропарочных камерах, и выдачи информации с использованием компьютерной техники, эти датчики в сочетании с устройствами регулирования подачи пара позволяют обеспечить полную автоматизацию контроля и управления всем процессом тепловлажностной обработки железобетонных изделий и конструкций.

Заключение

1. Выполнено исследование режимов термообработки изделий и конструкций в ямных пропарочных камерах на полигонах завода с применением датчиков DS 1921 системы температурного мониторинга «Термохрон».

2. На основании полученных данных была установлена необходимость утепления ограждающих конструкций отдельных камер с целью снижения теплопотерь при термообработке изделий и конструкций.

3. Выполнено утепление ограждающих конструкций камер путем устройства утепляющего слоя в виде кладки из арболитовых пустотных мелкоштучных блоков, изготовленных на заводе.

4. Анализ результатов температурного мониторинга режимов термообработки в пропарочных камерах после их утепления, проведенный совместно с анализом результатов прочностных испытаний бетона, подтвердил эффективность выполненного утепления, обеспечившего снижение теплопотерь в камерах и повышение прочности бетона после термообработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Коротков, С. Н.** Методические основы выявления резервов и планирования экономии энергоресурсов на предприятиях сборного железобетона / С. Н. Коротков // Всесоюзный науч.-практ. семинар по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий : тез. докл. – Л., 1984. – С. 48–52.

2. **Малинина, Л. А.** Снижение энергетических затрат при производстве сборного железобетона за счет рационального выбора цементов, назначения эффективных режимов термообработки бетона и учета экзотермии / Л. А. Малинина // Всесоюзный науч.-практ. семинар по повышению эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при производстве сборных железобетонных конструкций и изделий : тез. докл. – Л., 1984. – С. 53–58.

3. Что такое термохрон? [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // www.elin.ru /](http://www.elin.ru/)

Thermochron / ?Topic = whatis.

Завод сборного железобетона № 1
Материал поступил 12.03.2009

M. S. Bibik
**Increase in the efficiency of heat treatment
of ferroconcrete products on account of the
decrease in heat losses in pit chambers on the
testing grounds of ОАО «ЗАВОД СЖБ № 1»**

The paper is devoted to the vital problem of economizing on heat energy when heat treating concrete products. Considered is one of the directions of energysaving, i. e. the decrease in heat losses through fencing structures of pit steam chambers. As a result of studying the temperature regimes in the chambers on the plant testing grounds by electron detectors there were obtained data for making constructive decisions of adding more warmth to the walls of a number of chambers with a view to lower heat losses into the surroundings. Given are comparative data in temperature regimes in the chambers before and after warming, which gives evidence to the efficiency of warming.