

УДК 69.058.7

Мартынов М.М. – ассистент

E-mail: evgeniya-martyno@mail.ru

Ибрагимов Р.А. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Изотов В.С. – доктор технических наук, профессор

E-mail: v_s_izotov@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Разработка конструкции щита термоактивной опалубки

Аннотация

В работе представлена конструкция щита термоактивной опалубки и приведены результаты влияния электропрогрева бетонной смеси на изменение температуры бетона в разных точках прогрева и собственного тепловыделения бетона в процессе «термосного» выдерживания. Приведенные результаты свидетельствуют о высокой эффективности термоактивной опалубки, а также о недостатке прогрева бетона в углах опалубки.

Ключевые слова: щитовая опалубка, электропрогрев бетона, зимнее бетонирование.

При выборе опалубки важно знать, является ли она комплексной системой, то есть можно ли из одних и тех же модулей создавать как вертикальные, так и горизонтальные конструкции различных форм и размеров. До сих пор не удалось найти альтернативу палубе из многослойной фанеры, поэтому уделяется особое внимание тому, чтобы несущая конструкция обеспечивала минимальное напряжение фанеры на кручение и изгиб, защищала ее от влаги и предохраняла от механических повреждений.

Существуют несколько способов тепловой обработки бетона [1, 2].

Способ термоса – данный способ предусматривает обеспечение положительной температуры бетона во время его твердения за счет тепла, полученного в результате подогрева бетонной смеси, и тепла, выделяемого бетоном во время его твердения. Чтобы ускорить процесс твердения бетона, в него вводят химические добавки.

Электротермообработка бетона – осуществляется методами электродного прогрева, электрообогрева различными электронагревательными приборами индукционного нагрева. В производстве зимнего бетонирования наибольшее распространение получил электродный прогрев бетона. В основном этим способом прогревают бетонные конструкции с модулем поверхности 5...20.

Обогрев инфракрасными лучами – данный способ основывается на передаче бетону тепла в виде лучистой энергии, при этом происходит ускорение твердения бетона. В качестве источника инфракрасных лучей используют следующие устройства: металлические трубчатые нагреватели (ТЭНы), стержневые карборундовые излучатели, термоматы. Эффективность данного метода обогрева достигается применением его для тонкостенных конструкций.

Индукционный прогрев – действует на основе энергии переменного магнитного поля, которая преобразуется в стальной опалубке или арматуре в тепловую и передается бетону.

Паропрогрев и воздухопрогрев – являются способами дополнительного прогрева бетона. Применение их требует больших дополнительных затрат и применяется для тонкостенных конструкций.

Прогрев нагревательными проводами (ПНСВ, ПРСП) – данный вид тепловой обработки бетона является достаточно эффективным и активно применяется в технологии зимнего бетонирования, так как он подходит для всех типов конструкций монолитного домостроения. Из минусов следует отметить повреждение греющего кабеля при заливке бетона в конструкцию, в результате чего бетон остается непрогретым.

Изучив положительные и отрицательные стороны всех существующих методов тепловой обработки бетона, мы решили остановить свой выбор на термоактивной опалубке.

Обогрев бетона с помощью термоактивной опалубки целесообразен при использовании инвентарных опалубок со стальной или фанерной палубой при бетонировании разнообразных конструкций, включая фундаменты, стены, перекрытия при отрицательных температурах наружного воздуха до минус 25 °С. Особенно эффективен способ при возведении конструкций, бетонирование которых должно вестись без перерывов, а также конструкций, насыщенных арматурой. Метод обогрева экономически выгоден и технологически целесообразен при использовании съемной крупнощитовой и блочной опалубок [3].

Фрагмент конструкции термоопалубки приведен на рис. 1.

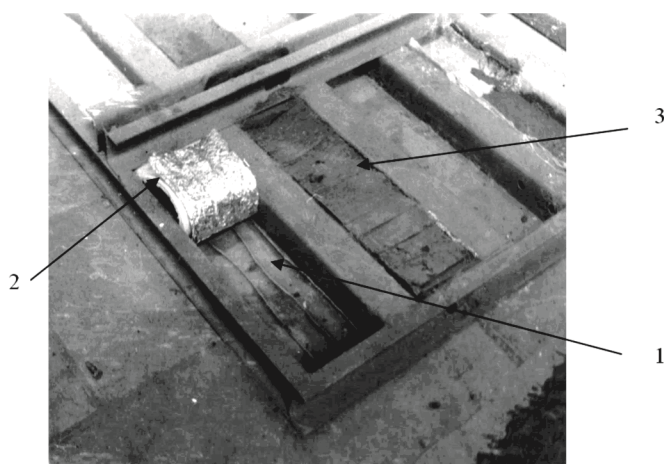


Рис. 1 Щит термоопалубки: 1 – нагревательный провод типа ПНСФЭ-1,4; 2 – теплоотражатель типа фольгоизол; 3 – теплоизоляционный материал типа пенополиуретан

Для проведения эксперимента нами была разработана конструкция щита термоактивной опалубки, представленной на рис. 2.

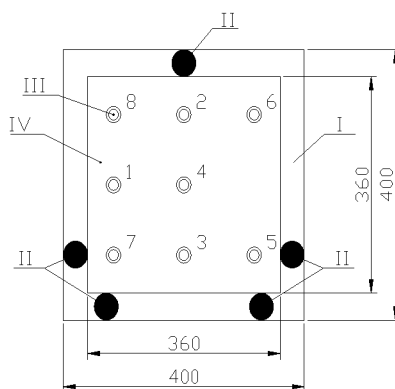


Рис. 2. Конструкция щита термоактивной опалубки: I – термоактивная опалубка, II – греющие элементы, III – термомпары, IV – бетон, 1...8 – номера термомпар

Термоактивная опалубка представляет собой коробчатую конструкцию, состоящую из щитов ламинированной фанеры размером 400x400 мм, высотой 500 мм, внутри которой установлен металлический оцинкованный короб толщиной 0,6 мм.

Для определения эффективности данной опалубки нами был проведен эксперимент по прогреву бетона в опалубке с целью определения температур в указанных точках опалубки.

Для приготовления бетона использовался портландцемент Ульяновского завода М400 Д20 и песчаногравийная смесь Камско-Устьинского месторождения в соотношении 1:3. Водоцементное отношение составило 0,42.

Бетонная смесь укладывалась в термоактивную опалубку слоями и уплотнялась штыкованием. Далее осуществлялся прогрев бетонной смеси греющим элементом, в

качестве которого использовался кабель системы «Теплый пол». Эксперимент проводился в лаборатории кафедры при температуре воздуха +25°C, температура греющего кабеля составила 40 °C.

Реализация данного эксперимента проводилась с использованием современной контрольно-измерительной аппаратуры, позволяющей получить реальную картину распределения теплового поля внутри бетона.

В качестве контрольно-измерительной аппаратуры был выбран прибор УКТ 38-Щ4 ТС (устройство для измерения и контроля температуры восьмиканальное) производства НПФ «Овен». Датчиками для измерения температуры бетона служили игольчатые термомпары погружного типа. До начала эксперимента проводилось тарирование каждого из датчиков в условиях положительных температур. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

После 10-часового прогрева образец был вынут из термоактивной опалубки и испытан на прочность прибором ИПС МГ 4.01 «Оникс», который показал следующие результаты: в зоне интенсивного прогрева образца прочность бетона составила 16,6-17,8 МПа и в зоне наименьшего прогрева – 13-15,8 МПа. При этом марка бетона на 28 суток составила В30. Через сутки прочность бетона в опалубке в зоне интенсивного прогрева (в местах расположения термомпар № 1, 3, 4, 5, 7) составила 43 %, а в зоне наименьшего прогрева (в местах расположения термомпар № 2, 6, 8) прочность бетона составила 34 % от марочной.

Таблица 1

Результаты экспериментального исследования подъема температуры в термоактивной опалубке

Время твердения, мин	Номера термомпар							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Температура бетона, °C							
0	25	24,5	23,0	23,0	23,0	23,5	22,5	22,5
60	27,7	26,8	24,4	23,8	24,7	24,8	23,5	23,2
120	29,8	28,7	26,0	25,2	25,6	25,7	24,4	23,9
180	31,1	30,2	27,3	26,4	26,3	26,4	25,0	24,6
240	32,1	31,2	28,5	27,5	26,9	27	25,6	25,1
300	33,1	32,4	29,6	28,8	27,7	27,8	26,3	25,8
360	34,5	33,8	31,0	30,2	28,7	28,8	27,4	26,7
420	35,6	34,8	32,1	31,2	29,6	29,6	28,1	27,5
480	36,7	36	33,4	32,6	30,7	30,7	29,2	28,4

На рис. 3 представлена термограмма распределения температуры в бетоне.

Исходная средняя температура бетонной смеси сразу после уплотнения была 22,5°C, в процессе прогрева наблюдается изменение температуры в различных зонах опалубки. Наиболее высокая температура в зоне расположения термомпар № 1, 2, а на углах опалубки идут наибольшие потери тепла, особенно в местах расположения термомпар № 7, 8.

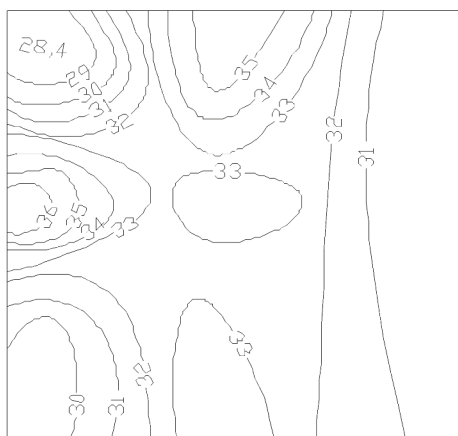


Рис. 3. Термограмма распределения температуры в бетоне через 8 ч изотермического прогрева

Для оценки влияния тепловой изоляции термоактивной опалубки на потерю тепла при естественном твердении бетона был проведен эксперимент методом «термоса» с измерением собственного тепловыделения. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

После заливки бетона в опалубку для предотвращения теплопотерь опалубку накрывали теплоизолирующим матом. Эксперимент проводился при температуре наружного воздуха +22 °С.

Таблица 2

Измерение собственного тепловыделения бетона в опалубке методом «термоса»

Время твердения, мин	Номера термопар							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Температура бетона, °С							
0	22,6	22,6	22,6	22,9	22,4	22,4	22,5	22,5
60	22,6	22,6	22,8	23,0	22,4	22,4	22,7	22,6
120	23,0	23,0	23,0	23,3	22,9	22,8	22,9	22,8
180	23,0	23,0	23,0	23,3	22,9	22,8	22,9	22,8
240	23,2	23,2	23,4	23,6	23,1	23,0	23,1	23,0
300	23,5	23,5	23,7	24,0	23,5	23,2	23,4	23,2
360	23,7	23,7	24,0	24,2	23,7	23,4	23,8	23,5
420	24,1	24,1	24,4	24,8	24,2	23,7	24,7	23,7
480	24,6	24,5	24,8	25,2	24,2	23,9	24,7	24,0
540	25,0	25,0	25,2	25,7	24,9	24,5	25,0	24,3
600	25,2	25,2	25,6	26,1	25,2	24,8	25,1	24,6

На рис. 4 показана зависимость собственного тепловыделения в бетоне от времени твердения.

Так же, как и в случае прогрева, наибольшая температура наблюдается в центре опалубки в зоне расположения термопар № 4, 1, 2, 3. Наибольшие потери тепла наблюдаются в углах опалубки, в местах расположения термопар № 6, 8.

Градиент температуры в процессе внешнего изотермического прогрева выше, чем при естественном твердении.

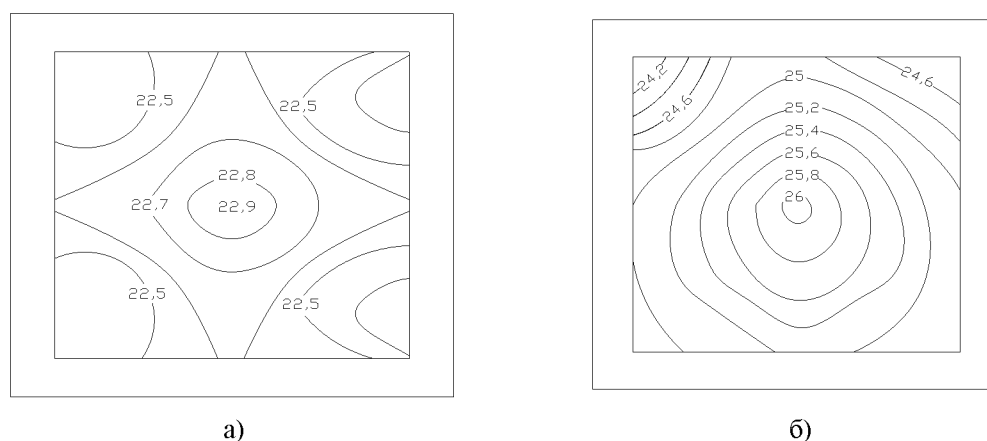


Рис. 4. Термограмма распределения температуры в бетоне:
а) сразу при бетонировании; б) через 10 ч термосного выдерживания

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Для получения распалубочной прочности бетона необходимо более длительно прогревать бетон либо усилить температурный режим обработки бетона.
2. Наибольшие теплопотери наблюдаются в углах термоактивной опалубки, следовательно, необходимо предусматривать меры по усилению прогрева бетона на этих участках либо предусматривать дополнительный слой тепловой изоляции.

Список литературы

1. Бетоны. Материалы. Технологии. Оборудование. – М.: Стройинформ; Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 424 с.
2. Минаков Ю.А., Сленьков В.А. Возведение зданий из монолитного бетона в термоактивной опалубке: учебное пособие. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2008. – 260 с.
3. Мазов Е.П. Строительство монолитных зданий. – М.: Изд-во ГИСИС, 2011. – 107 с.

Martynov M.M. – assistant

E-mail: evgeniya-martyno@mail.ru

Ibragimov R.A. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Izotov V.S. – doctor of the technical sciences, professor

E-mail: v_s_izotov@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Development of the construction of formwork of thermoactive shield

Resume

The paper presents the construction of formwork of thermoactive shield and the results of impact of concrete mixture electric heating on the change in temperature of concrete at the different points of heating and concrete own heat emission by «thermos» method. Shows the placement of thermocouples in the body design of the concrete. According to the experimental results obtained, that the strength of concrete in the area of greatest warming is 43 % of brand strength, and in the area of the smallest heating – 34 % of brand strength. Design flaw was a big heat loss at the corners of formwork design, despite the deployment in the area of heated elements.

To determine the effectiveness of the method of timbering «thermos» was defined own heat concrete. As a control measuring equipment was selected device UKT 38 SCH4 TC (a device for measuring and monitoring temperature Eight) production NPF «Aries». Sensors to measure the temperature of concrete were needle thermocouple immersion type.

The experimental results showed that the greatest heat emission takes place in the core of the formwork, which was recorded by thermocouples.

These results indicate the high efficiency of the thermoactive formwork, and the lack of concrete heating in the corners of the formwork.

Keywords: panel forms, concrete electric heating, winter concreting.

References

1. Concrete. Materials. Technology. Equipment. – М.: Stroyinform; Ростов n/D: Phoenix, 2006. – 424 p.
2. Minakov J.A., Slenkov V.A. Construction of buildings made of reinforced concrete in the formwork thermo: Textbook. – Yoshkar-Ola Mari State Technical University, 2008. – 260 p.
3. Mazov E.P. Construction of monolithic buildings. – М.: Publishing House of the GISIS, 2011. – 107 p.