

расходуется на его разрушение, таким образом истираемость в этом случае происходит счет раз-

рушения и магниезиального цемента и зерен заполнителя.

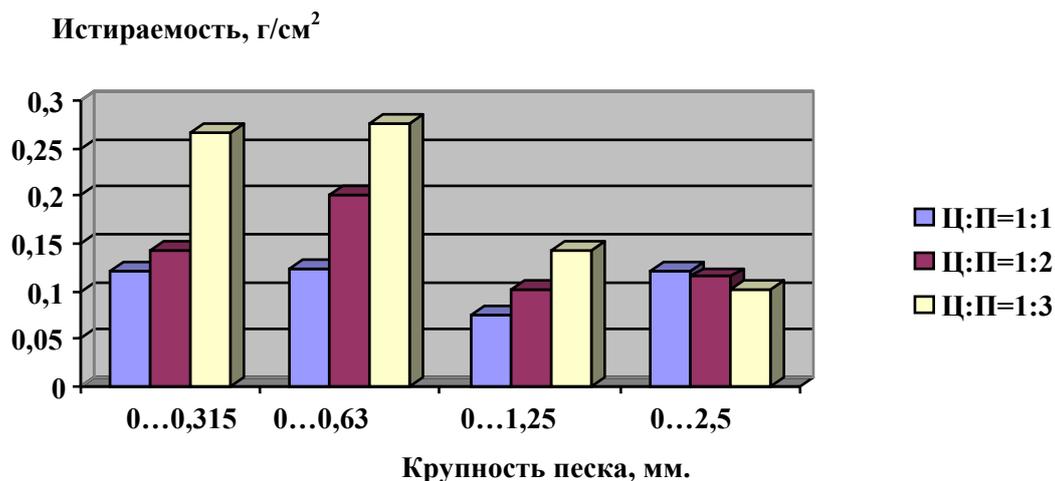


Рис. 1. - Истираемость магниезиального раствора в зависимости от цементно-песчанного отношения и крупности применяемого заполнителя.

На основе полученных данных, и обобщая вышеприведенные рассуждения можно сделать ряд выводов.

1. Повысить истираемость магниезиального раствора можно применяя заполнитель крупности более 1,25 мм уменьшая, или при крупности заполнителя менее 1,25 мм увеличивая содержание магниезиального цемента в смеси.

2. Модифицированное магниезиальное вяжущее не обеспечивает требуемой водостойкости материала при воздействии на него истирающих нагрузок.

3. Применение магниезиальных растворов и бетонов, даже обладающих повышенной водостой-

костью, в конструкциях испытывающих истирающие нагрузки и эксплуатирующихся в воде или в помещениях с повышенной влажностью является нежелательным.

#### Библиографический список

1. Киянец, А.В. Магнезиальные бетоны и растворы в строительстве / А.В. Киянец, К.В. Дьяков, С.Г. Головнев // Вестник № 2 института «УралНИИпроект» – Екатеринбург: «УралНИИпроект» УРО РААСН, 2009. – С. 6–8.
2. Современные строительные технологии: монография. Под редакцией С.Г. Головнева. Челябинск. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 268 с.

УДК 693.557

## УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА SPECIFIC HEAT CAPACITY OF STEEL FIBRE CONCRETE

*Пикус Г.А., к.т.н., доцент, Пономарев А.А.*

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет»(национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** Рассмотрен метод определения минимальной массы пробы сталефибробетонной смеси для оценки ее технологических и электрофизических характеристик. Определена удельная теплоемкость сталефибробетона при разных процентах армирования фиброй.

**Abstract.** The method for determining the minimum mass of the sample mixture steel fibre concrete to assess its technological and electro-physical characteristics. Determined by the specific heat of steel fiber concrete with different percentages of reinforcement fibers.

**Ключевые слова:** Сталефибробетон, удельная теплоемкость, электропрогрев, масса пробы, фибра, количество теплоты, монолитный бетон.

**Keywords:** Steel fibre concrete, specific heat capacity, electric heating, the mass of the sample, fiber, the amount of heat, concrete

В последнее время такой материал, как сталефибробетон, в ряде конструкций, практически полностью вытеснил традиционные бетоны (например, в монолитных полах промышленных зданий, устраиваемых по грунту). Внедрение в практи-

ку строительства новых конструктивных материалов требует решения вопросов их круглогодичного применения. В этом плане основной проблемой на территории России является производство работ в зимнее время.

При возведении монолитных конструкций при отрицательных температурах наружного воздуха наиболее часто используется электропрогрев сталефибробетона. Однако, отсутствие данных по многим электрофизическим характеристикам этого материала затрудняет осуществление рационального проектирования технологических параметров зимнего бетонирования. Одной из основных электрофизических характеристик сталефибробетона является его удельная теплоемкость.

Для определения удельной теплоемкости необходимо правильно выбрать объем пробы для испытания. Отбираемые пробы должны быть представительными, чтобы случайные отклонения результатов эксперимента не изменяли общую картину распределения фибр по объему смеси. С одной стороны, чем меньше вес пробы, тем точнее может быть охарактеризовано качество смеси, с другой стороны – уменьшать вес пробы беспределно нельзя, так как может наступить такой момент, когда недостаточное количество фибр в пробе может сказаться на величине удельной теплоемкости за счет снижения однородности распределения фибр.

Согласно теории смешения сыпучих материалов [1] минимально допустимый вес пробы, то есть вес, обеспечивающий достоверность оценки качества смеси, должен быть:

$$G = \frac{2,1 \cdot 10^3 \cdot d_k^3 \cdot \rho}{c_o},$$

где  $d_k$ ,  $\rho$ ,  $c_o$  – соответственно диаметр, плотность материала и концентрация ключевого компонента.

При этом считается, что смесь состоит из одного основного и одного или нескольких ключевых компонентов. Компонент смеси, концентрация которого выше остальных считается основным, а все другие компоненты смеси – ключевыми (в нашем случае это стальная фибра). Ключевой компонент,

в этой теории, представляет собой смесь шарообразных частиц одинакового размера и веса.

Приравнивая объем фибры к объему частицы ключевого компонента получим:

$$d_k = 1,5d^2 \cdot l,$$

где  $d$ ,  $l$  – соответственно диаметр и длина фибры.

Таким образом, заменяя плотность ключевого компонента на плотность материала фибры ( $\rho_{cm}$ ), а его концентрацию на концентрацию фибры в бетоне по массе ( $\mu_m$ ) получим:

$$G = \frac{3,15 \cdot 10^3 \cdot d^2 \cdot l \cdot \rho_{cm}}{\mu_m}.$$

Данная формула определяет минимальный вес пробы, необходимый для оценки удельной теплоемкости сталефибробетона [2]. Значения минимальной массы пробы для некоторых геометрических параметров стальной фибры приведены в табл. 1.

В дальнейших исследованиях была использована фибра резанная из стального листа длиной 25 мм и условным диаметром 0,45 мм. Эксперимент был выполнен на составе бетона класса В20 с водоцементным отношением 0,6. Количество вводимой фибры в бетонную смесь составляло 0%, 0,5%, 1,0% и 1,5% по объему (соответственно 0, 39, 78 и 117 кг фибры на 1 м<sup>3</sup> бетона). Приготовленная смесь укладывалась в форму для электропрогрева размерами 300×100×100 мм с последующим уплотнением (масса бетона в форме 7,5 кг). Разогрев смеси осуществлялся электрическим током в течение 10 минут до температуры 80 °С. Столь быстрое время разогрева позволяет исключить влияние экзотермии цемента на результаты исследования.

**Таблица 1 - Масса пробы сталефибробетона**

Длина фибры, мм	Условный диаметр фибры, мм	Минимальная масса пробы (кг) при содержании фибры в 1 м <sup>3</sup> бетона, кг		
		39	78	117
25	0,45	7,6	3,8	2,6
25	0,7	18,5	9,3	6,2
30	0,45	9,2	4,6	3,0
30	0,7	22,2	11,1	7,4
40	0,45	12,2	6,1	4,1
40	0,7	29,6	14,8	9,9

Параметры тока фиксировались с помощью лабораторных вольтметра и амперметра. Замеры температур выполнялись при помощи хромель-алюмелевых термопар. Для выявления фактической массы фибр в объеме исследуемого образца он подвергался размыванию, после чего фибра была высушена и взвешена.

Количество теплоты внесенной в бетон определялось как мощность тока  $P$  необходимая для подъема температуры тела на величину  $\Delta t$  за

промежутков времени  $\tau$ , и рассчитывалось по формуле

$$Q_{внесу} = \int_0^{\tau} P d\tau.$$

В соответствии с законами физики твердого тела количество теплоты полученной телом массой  $m$  при увеличении его температуры на  $\Delta t$  равно

$$Q_{внут} = c \cdot m \cdot \Delta t,$$

где  $C$  – удельная теплоемкость тела.

Учитывая, что тепло распределяется не только в сталефибробетон, но и в опалубку, получим:

$$Q_{внут} = Q_{сфб} + Q_{опал}.$$

Таким образом, удельная теплоемкость сталефибробетона определяется по формуле:

$$c = \frac{Q_{внеш} - Q_{опал}}{m \cdot \Delta t}.$$

Усредненные результаты по четырем опытам приведены в табл. 2. Анализ полученных результатов показывает, что введение в состав бетонной смеси стальных фибр приводит к увеличению удельной теплоемкости смеси. Так введение 0,5% фибры увеличивает удельную теплоемкость на 27,7%, а 1,5% фибры – на 49,6% по сравнению с неармированной смесью.

**Таблица 2 - Результаты эксперимента по определению удельной теплоемкости сталефибробетона**

Исследуемые параметры	Процент армирования фиброй			
	0%	0,5%	1,0%	1,5%
Масса фибры в образце, г	–	115...123	225...236	342...357
Количество внесенной теплоты $Q_{внеш}$ , Дж	663231	724956	753690	783408
Количество теплоты поглощенной опалубкой $Q_{опал}$ , Дж	119784	117645	138857	212830
Удельная теплоемкость сталефибробетона, кДж/кг·°С	1,049	1,34	1,44	1,57

Рост удельной теплоемкости сталефибробетона требует, при прочих равных условиях, увеличения расстояния между электродами (при электродном прогреве). Это ведет к снижению расхода электродной стали и упрощению коммутации электродов. Одновременно, с увеличением расстояния между электродами, снижается требуемая мощность прогревочного трансформатора и уменьшается сила тока, протекающая через электроды, что способствует снижению сечения подводющих кабелей [3, 4].

#### Библиографический список

1. Макаров, Ю.И. Аппараты для смешения сыпучих материалов / Ю.И. Макаров. – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с.
2. Современные строительные технологии: монография. Под редакцией С.Г. Головнева. Челябинск. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2010. – 268 с.
3. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера / ЦНИИОМТП Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 313 с.
4. Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.

УДК 699.86

### МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ЧЕРЕЗ ТОЧЕЧНУЮ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКУЮ НЕОДНОРОДНОСТЬ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ПОЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ПК ELCUT) METHOD FOR DETERMINING THE SPECIFIC HEAT LOSS THROUGH A POINT HEAT ENGINEERING HETEROGENEITY USING A SOFTWARE COMPLEX FOR MODELING TWO-DIMENSIONAL FIELDS (ILLUSTRATED PC ELCUT)

*Рыбаков М.М., аспирант; Русанов А.Е., старший преподаватель*

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет)

**Аннотация.** В статье приведен метод определения удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность с помощью ПК ELCUT. В качестве точечных теплотехнических неоднородностей выбран гвоздь тарельчатого дюбеля для крепления утеплителя при устройстве навесных фасадных систем.

**Abstract.** The article presents a method for determining the specific heat loss through a point heat engineering heterogeneity using a PC ELCUT. As a point thermal homogeneities selected nail plate anchors for fixing insulation at the device hinged facade systems.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, теплопередача, коэффициент теплотехнической однородности, приведенное сопротивление теплопередаче.

**Keywords:** mathematical modeling, heat transfer, the factor of thermotechnical homogeneity, the specified resistance to heat transfer,