

УДК 691 – 419.8.620

Лаптев Г.А. – кандидат технических наук, доцент

Губанов Д.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: gubanovda@mail.ru

Ерофеев В.Т. – доктор технических наук, профессор

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

Адрес организации: 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевикская, д. 68

Оптимизация составов металлобетонов на алюминиевом связующем

Аннотация

Приводятся результаты исследований и оптимизации свойств металлобетонов на алюминиевом связующем и минеральных заполнителях различной природы. С использованием методов математического планирования эксперимента получены уравнения регрессии и их графические отображения для изменения прочности при сжатии, растяжении и изгибе металлобетонов, наполненных щебнем из базальта, диабазы и керамзита различной крупности. Определены зоны факторных пространств, ограниченных выбранными размерами фракции заполнителя и содержанием заполнителя, с оптимальными значениями исследуемых свойств.

Ключевые слова: металлобетоны, алюминиевое связующее, заполнители, прочность, оптимальные составы.

Перспективным направлением дальнейшего развития композиционных материалов для специального строительства представляется получение и внедрение эффективных и доступных строительных композитов на металлических связующих и гранулированных заполнителях – металлобетонах (метонах), предложенных профессором В.И. Соломатовым [1, 2]. В металлобетонах в качестве связующих могут быть использованы алюминий, сталь, чугун, титан, медь, свинец, олово, цинк и т.д., а заполнителей – песок, щебень, гравий, керамзит и т.д. Получают метоны объединением компонентов при температуре расплава соответствующего металла, расплавлением и извлечением изделия из формы после остывания металла. Согласно полиструктурной теории структурообразования композиционных материалов структуру метона целесообразно рассматривать на уровнях микро- и макроструктуры. Закономерности формирования структуры металлобетонов определяются следующими факторами: объемными долями связующих и заполнителей, соотношением их прочностных и деформативных характеристик, упаковкой заполнителей, а также степенью взаимодействия в контакте связующее – заполнитель.

Свойства металлобетонов на макроуровне, в первую очередь, определяются соотношением прочностных и деформативных свойств матрицы и заполнителей, содержанием и крупностью заполнителей. На процессы структурообразования метонов значительное влияние также оказывают: вид связующего и заполнителя, соотношение количественного содержания металла и заполнителя, степень адгезионного взаимодействия между вяжущим и заполнителем и т.д. В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований метонов на алюминиевом связующем, в качестве которого применялся литейный сплав марки АЛ2 с пределом прочности при растяжении, равном 250 МПа. Заполнителями служили гранулы на основе диабазы, базальта и керамзита, значение прочности при сжатии образцов на основе которых, соответственно, составляло в пределах: 310-320 МПа; 220-225 МПа; 5-10 МПа. Применялись заполнители различных фракций (в мм): 1,2-2,5; 2,5-5,0; 5,0-7,0; 7,0-10,0. Содержание заполнителя принималось в количестве 40, 50, 60 и 63 % по объему. Были изготовлены образцы для испытания на осевое растяжение (цилиндры с диаметром 40 мм), на растяжение при изгибе (призмы размером 4×4×16 см) и сжатие (призмы размером 4×4×16 см). Образцы изготавливались методом предварительного приготовления смеси и ее виброуплотнения.

Оптимизация составов метонов выполнялась с применением математических методов планирования эксперимента. Планы экспериментов генерировались при помощи программного комплекса FACTOR. Факторами варьирования являлись: X_1 – крупность заполнителя, в мм; X_2 – содержание заполнителя, в % по объему.

После выполнения испытаний и обработки результатов исследований были получены уравнения регрессии прочности на растяжение при изгибе ($R_{из}$), осевое

растяжение (R_p) и на сжатие ($R_{сж}$) метонов на диабазовом, базальтовом и керамзитовом заполнителе следующего общего вида:

$$R_{(сж,р,и)} = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{11} \cdot X_1^2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{22} \cdot X_2^2 + b_{111} \cdot X_1^3 + b_{112} \cdot X_1^2 \cdot X_2 + b_{122} \cdot X_1 \cdot X_2^2 + b_{222} \cdot X_2^3 + b_{1112} \cdot X_1^3 \cdot X_2 + b_{1122} \cdot X_1^2 \cdot X_2^2 + b_{1222} \cdot X_1 \cdot X_2^3 \quad (1)$$

Полученные значения коэффициентов регрессии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Заполнитель металлобетона		Щебень из диабазы			Щебень из базальта			Керамзитовый гравий		
Свойство		$R_{сж}$	R_p	$R_{и}$	$R_{сж}$	R_p	$R_{и}$	$R_{сж}$	R_p	$R_{и}$
Коэффициенты	b_0	263,96	12,402	25,172	228,61	12,352	21,454	56,048	9,704	17,207
	b_1	4,607	4,427	2,143	106,83	3,956	1,798	-17,91	-0,076	-1,280
	b_2	3,853	-2,894	-1,610	-1,853	-2,106	-6,383	2,766	-1,176	-3,488
	b_{11}	-63,73	0,113	-1,762	-45,91	0,139	-0,194	4,407	-	-
	b_{12}	-18,00	0,325	-0,524	-24,92	0,029	0,798	11,211	0,006	0,690
	b_{22}	11,465	3,709	-0,336	24,471	0,537	-2,790	2,506	-	-
	b_{111}	49,667	-4,219	-7,651	-49,55	-3,749	-5,835	-	-	-
	b_{112}	0,480	0,076	0,472	2,608	-0,015	-0,075	-4,861	-	-
	b_{122}	-3,981	-0,629	0,083	-36,44	0,017	3,744	4,191	-	-
	b_{222}	5,412	-2,519	-0,854	26,638	-1,502	3,304	-	-	-
	b_{1112}	10,694	-	-	67,421	-	-	-5,196	-	-
	b_{1122}	-6,882	-	-	5,169	-	-	-7,067	-	-
b_{1222}	12,580	-	-	-68,45	-	-	-5,091	-	-	

По уравнениям регрессии построены графические зависимости (рис. 1-3):

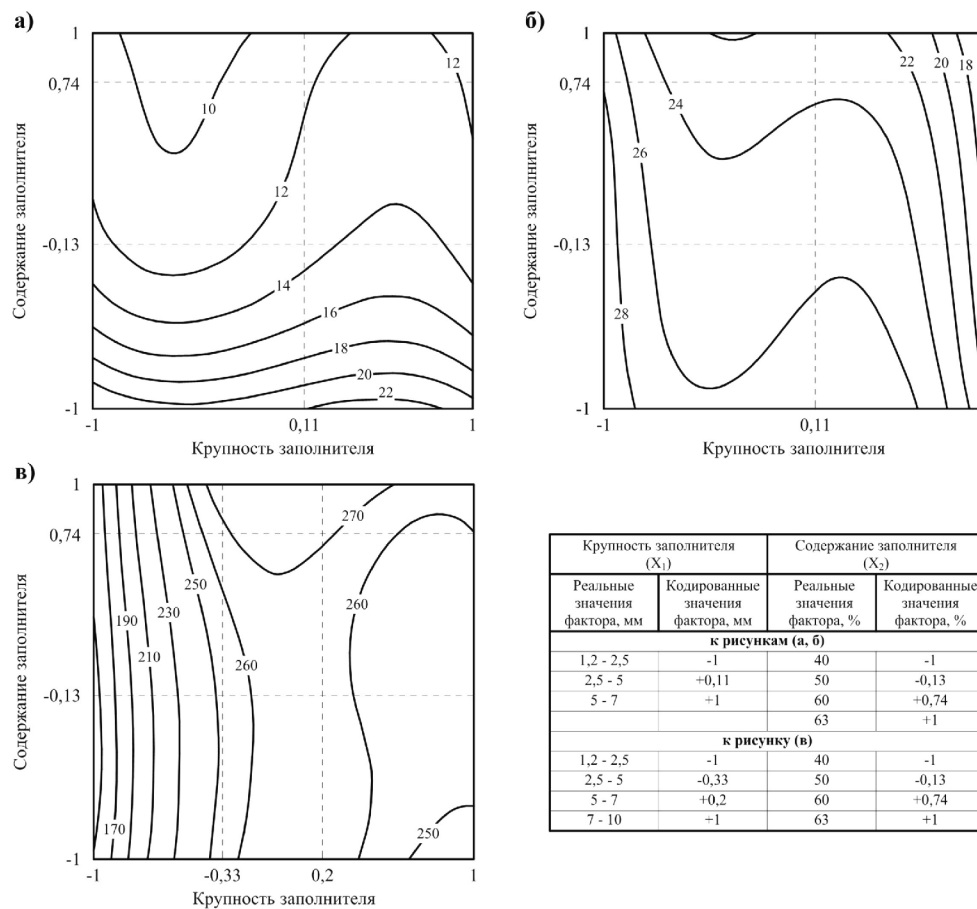


Рис. 1. Зависимость изменения прочности метонов на диабазовом заполнителе при осевом растяжении (а), на растяжение при изгибе (б) и на сжатие (в), МПа

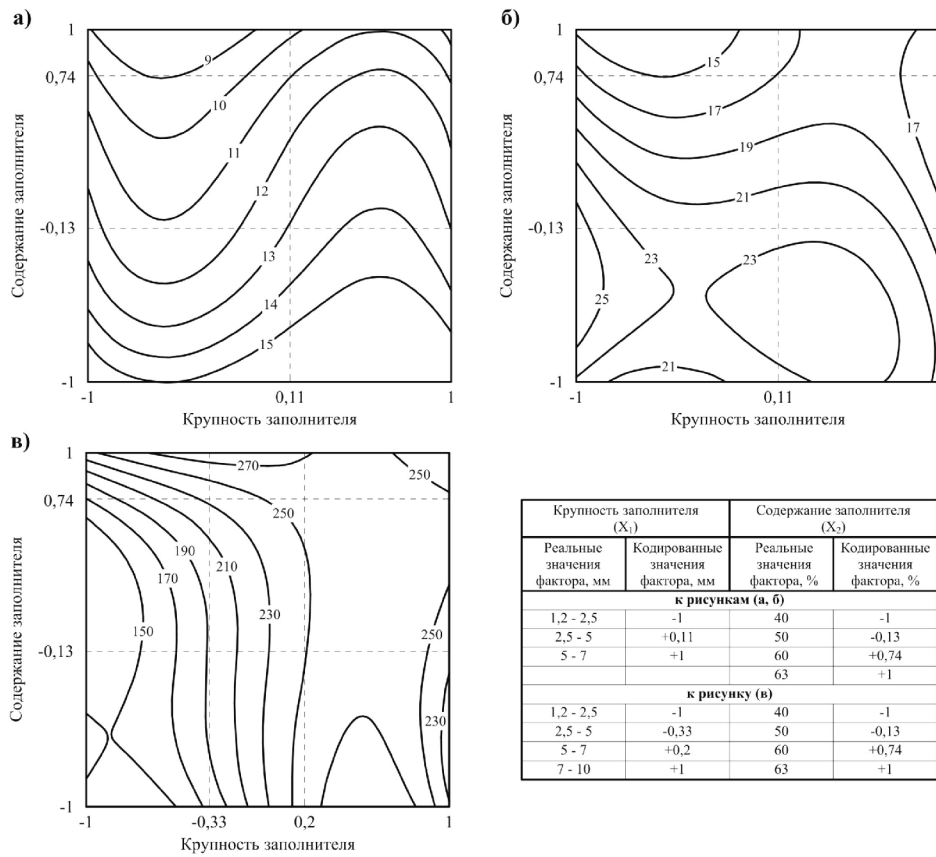


Рис. 2. Зависимость изменения прочности бетонов на базальтовом заполнителе при осевом растяжении (а), на растяжение при изгибе (б) и на сжатие (в), МПа

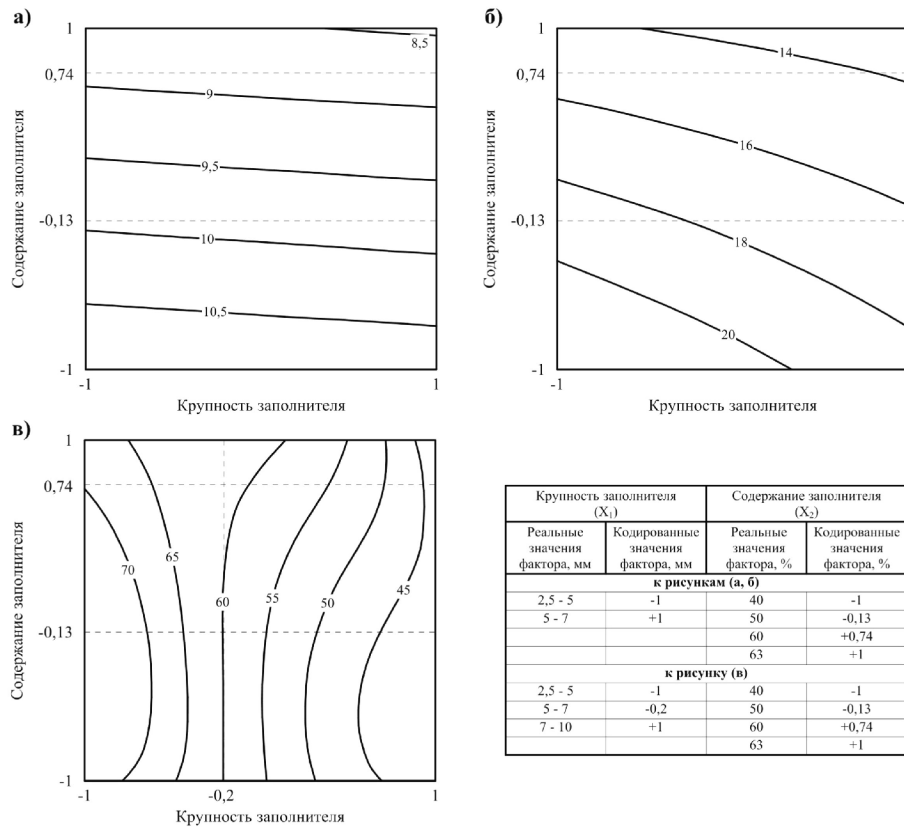


Рис. 3. Зависимость изменения прочности бетонов на керамзитовом заполнителе при осевом растяжении (а), на растяжение при изгибе (б) и на сжатие (в), МПа

Анализ выполненных исследований показал:

- Наибольшая прочность метонов при сжатии на заполнителе из диабазового щебня достигается при повышенных содержаниях заполнителя фракции 2,5-7 мм; при применении базальтового щебня – как при повышенных (более 60 % по объему), так и при пониженных (около 40 % по объему) содержаниях заполнителя, причем в первом случае – при применении мелких фракций (2,5-5 мм), а во втором – более крупных (5-7 мм); при использовании керамзитового гравия – при содержании заполнителя в пределах от 40 до 60 % по объему малых фракций.

- Наибольшая прочность метонов на растяжение при изгибе на заполнителе из диабазового щебня достигается при малых содержаниях заполнителя, причем рассматриваемый показатель в незначительной степени зависит от крупности заполнителя; при применении базальтового щебня – в области наполнения в пределах 40-50 % по объему более крупного заполнителя (5-7 мм); при использовании керамзитового гравия – при малом содержании и на всем интервале рассматриваемого фракционного состава заполнителя.

- Наибольшая прочность метонов при осевом растяжении на диабазовом щебне достигается в широкой области наполнения (от 40 до 63 %) при малой крупности; при применении базальтового заполнителя – при малом наполнении (до 50 % по объему) и крупности заполнителя в пределах от 2,5 до 5 мм; при использовании керамзитового гравия – при содержании заполнителя в области от 40 до 45 % по объему, крупностью 2,5-5 мм.

Список литературы

1. Соломатов В.И., Потапов Ю.Б. Метон – новый конструкционный материал // Строительные материалы, 1978, № 3. – С. 11.
2. Соломатов В.И., Потапов Ю.Б., Люпаев Б.М., Лаптев Г.А. и др. Метон – новый строительный материал // Строительные материалы и конструкции, 1980, № 2. – С. 17.

Laptev G.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Gubanov D.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: gubanovda@mail.ru

Yerofeev V.T. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: fac-build@adm.mrsu.ru

Mordovian State University of N.P. Ogaryov

The organization address: 430005, Russia, Saransk, Bolshhevistskaya st., 68

Optimization of structures of metal concrete on the aluminum binding

Resume

Among the materials considered for use in the field of special construction, composites made by means of the metal binding and granulated fillers – metal concretes can be represented perspectively. Effective use of such concretes is reached in the conditions of influence of cyclic temperatures, ionizing radiation, dynamic loadings.

Properties of composite materials and, in particular, metal concretes, directly depend on a quantitative ratio of making components and their qualitative characteristics. By the systematized change of these or those structure-made parameters it is possible to reveal their values at which optimum properties of a composite as a whole are reached.

Results of research of metal concretes are given in the present article with a matrix from aluminum binding the AL2 brands. As fillers diabase and basalt rubble and claydite gravel of various fractions were used. By means of methods of mathematical planning of experiment by change of the content of filler and the size of its fraction optimum zones of factorial space with the greatest durability of metal concrete for each type of filler were revealed. So, to optimum durability indicators on compression for metal concrete on diabase rubble there corresponds the raised maintenance of fraction of 2,5-7 mm (at durability about 270 MPas); on basalt rubble – at the contents more than 60 % of fraction of 2,5-5 mm (durability about 270 MPas is also

reached); on claydite – at the maintenance of fraction of 2,5-5 mm in limits from 40 to 60 % (durability of 60-70 MPas).

Keywords: metalconcrete, aluminum binding, fillers, durability, optimum structures.

References

1. Solomatov V.I., Potapov Yu.B. Meton – a new constructional material // Building materials, 1978, № 3. – P. 11.
2. Solomatov V.I., Potapov Yu.B., Ljupaev B.M., Laptev G.A. etc. Meton – a new building material // Building materials and designs, 1980, № 2. – P. 17.