

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

УДК 691.5

### ***Шишканова Валентина Николаевна***

*кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «ПГСиГХ»,*

*Тольяттинский государственный университет,*

*г. Тольятти, Самарская область,*

### ***Shishkanova Valentina Nikolaevna***

*candidate of Technical Sciences, assistant professor, assistant professor*

*of the Togliatti State University,*

*Togliatti, Samara Region*

### ***Никитина Карина Владимировна,***

*студент, Тольяттинский государственный университет,*

*г. Тольятти, Самарская область,*

### ***Nikitina Karina Vladimirovna***

*student, Togliatti State University,*

*Togliatti, Samara Region*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТАКАОЛИНА НА ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ И ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА RESEARCH OF THE EFFECT OF METAKOLIN ON WATER ABSORPTION AND STRENGTH OF CONCRETE**

**Аннотация.** В данной статье приведен анализ результатов исследования влияния высокоактивного метакАОлина на свойства мелкозернистого бетона в зависимости от состава бетонной смеси и количества вводимой добавки.

**Ключевые слова:** метакАОлин, бетон, мелкозернистые бетоны, гиперпластификатор.

**Annotation:** This article provides an analysis of the results of a study of the effect of high-level metakaolin on the properties of fine-grained concrete,

depending on the composition of the concrete mix and the amount of the added additive.

**Keywords:** metakaolin, concrete, fine-grained concretes, hyperplasticizer.

**В**одопоглощение бетонных изделий является серьезной проблемой, приводящей к снижению прочности и долговечности конструкций. Одним из вариантов снижения водопоглощения является введение пуццолановых минеральных добавок, улучшающих свойства бетона.

Одной из таких минеральных добавок является высокоактивный метакаолин ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ) – продукт обезвоживания минерала каолинита. Частицы метакаолина примерно на порядок мельче частиц портландцемента. Поэтому при введении в бетонную смесь метакаолин, взаимодействуя с гидроксидом кальция с образованием низкоосновных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция, уплотняет и упрочняет структуру бетона.

Целью работы было исследование влияния метакаолина на

свойства мелкозернистых бетонов.

Для исследований был использован высокоактивный метакаолин (ВМК) белого цвета, удельной поверхностью 12000 – 13000 г/см<sup>2</sup>. По данным производителя (ООО «АрмМикс» г. Дзержинск) метакаолин имеет химический состав: оксид кремния – 51,4 %, оксид алюминия – 42 %, оксид железа – 0,8 %.

В качестве вяжущего использован бездобавочный портландцемент «Ульяновскцемент» ЦЕМ I 42,5Б М500.

В качестве заполнителя использовались: мелкий природный песок Волжского месторождения с модулем крупности 1,33 и крупный природный песок Камского месторождения с модулем крупности 3,45.

При изготовлении мелкозернистых бетонных смесей использовалась смесь песков: песок Волжского месторождения в количестве 30% и песок Камского

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

месторождения в количестве 70 %.

Доказано, что в сфере пластифицирующих добавок для бетона высокотехнологичными добавками на основе поликарбонатных эфиров являются добавки серии Sika «Sika ViscoCrete», обладающие максимальным пластифицирующим и водоредуцирующим действием. Поэтому в данных экспериментах в качестве гиперпластификатора применялась добавка Sika ViscoCrete 25RU.

Были изготовлены 2 серии бетонных смесей, отличающихся

между собой по подвижности (осадке конуса).

Бетонная смесь серии II по сравнению с бетонной смесью серии I более подвижная (табл. 1 и 2). Метакаолин в бетонную смесь добавлялся в количестве 5, 8, 10 и 15% от массы цемента. Бетонная смесь без добавления метакаолина являлась контрольной. Следует отметить, что добавка высокоактивного метакаолина позволяет уменьшить количество цемента при производстве мелкозернистого бетона.

Таблица 1.

**Составы мелкозернистых бетонных смесей I серии**

№ партии	2	3	4	5	6
Содержание ВМК, % от цемента	0	5	8	10	15
Единица измерения	кг/м <sup>3</sup>				
Цемент 42,5Б	535	530	484	478	467
Песок	1605	1675	1578	1577	1635
ВМК	-	26	44	53	84
Вода	193	206	198	202	210
Гиперпластификатор «Sika»	5,35	6	5	5	6
В/Ц	0,361	0,389	0,409	0,423	0,450
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2339	2443	2309	2315	2402
Осадка конуса, см	1,3	2,2	1,8	1,8	1,8

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

Таблица 2.

**Составы мелкозернистых бетонных смесей II серии.**

№ партии	10	11	12	13	14
Содержание ВМК, % от цемента	0	5	8	10	15
Единица измерения	кг/м <sup>3</sup>				
Цемент 42,5Б	512	498	487	473	440
Песок	1536	1 574	1588	1574	1553
ВМК		26	44	51	79
Вода	214	219	219	217	229
Гиперпластификатор «Sika»	5,1	6	5	5	4
В/Ц	0,418	0,440	0,450	0,459	0,520
Средняя плотность кг/м <sup>3</sup>	2268	2323	2343	2320	2306
Осадка конуса, см	4,9	6	5,3	5,2	6,7

Часть изготовленных мелкозернистых бетонных образцов серии I размерами 70×70×70 мм и 40×40×160 мм выдерживалась в течение 28 суток в нормальных условиях твердения, другая часть – набирала прочность в процессе пропаривания при температуре 70 – 75°С. Бетонные образцы се-

рии II набирали прочность только в режиме пропаривания.

Результаты экспериментальных исследований водопоглощения образцов бетона в зависимости от количества вводимой добавки метакаолина представлены на рисунках 1 и 2.

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

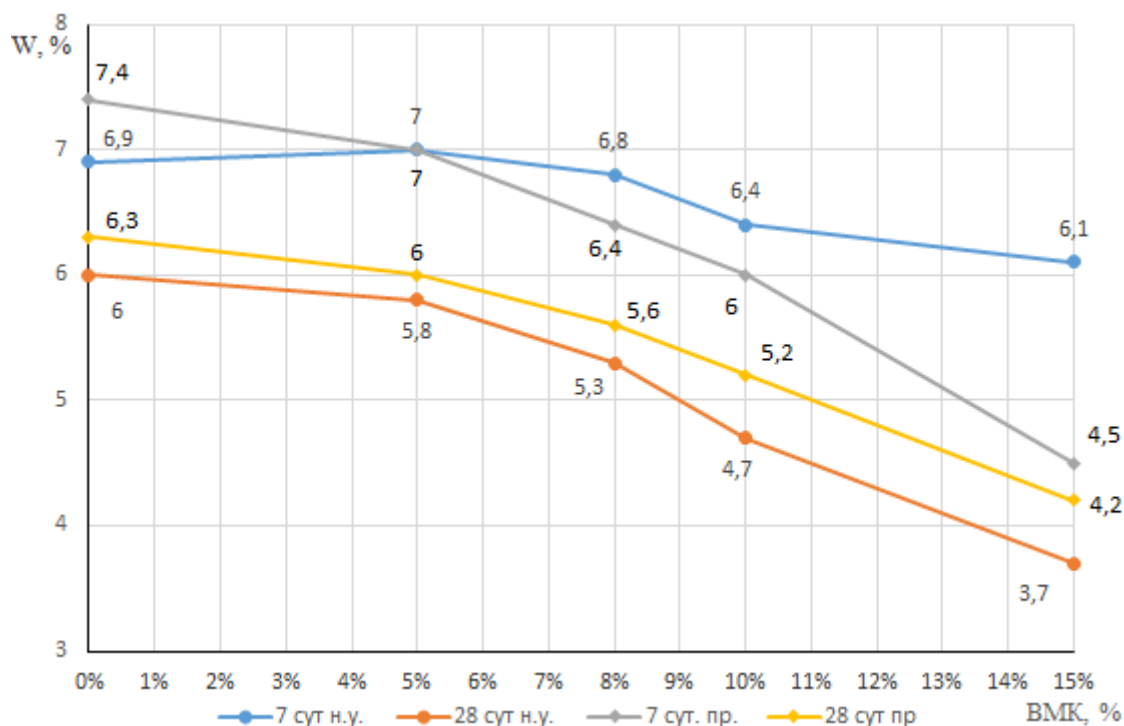


Рисунок 1 – Изменение водопоглощения мелкозернистого бетона серии I в зависимости от количества добавленного метакаолина

Результаты исследования, приведенные на рисунке 1, показывают, что с увеличением количества ВМК наблюдается снижение водопоглощения бетона. Водопоглощение образцов партий 2 – 6, выдержанных в нормальных условиях в возрасте 28 суток снижается в среднем на 24 % по сравнению с водопоглощением образцов в возрасте 7 суток. Водопоглощение образцов мелкозернистого бетона после пропаривания в возрасте 28 суток снижается в среднем на 14 % по

сравнению с водопоглощением 7 суточных образцов.

Водопоглощение образцов мелкозернистого бетона в возрасте 7 и 28 суток серии II, подверженных пропариванию, представлено на рисунке 2.

Анализируя значения водопоглощения мелкозернистого бетона серии II, изготовленной из более подвижных смесей, отмечаем более высокие значения водопоглощения, по сравнению с водопоглощением мелкозернистого бетона серии I с более низ-

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

кой подвижностью, в среднем на 19 %.

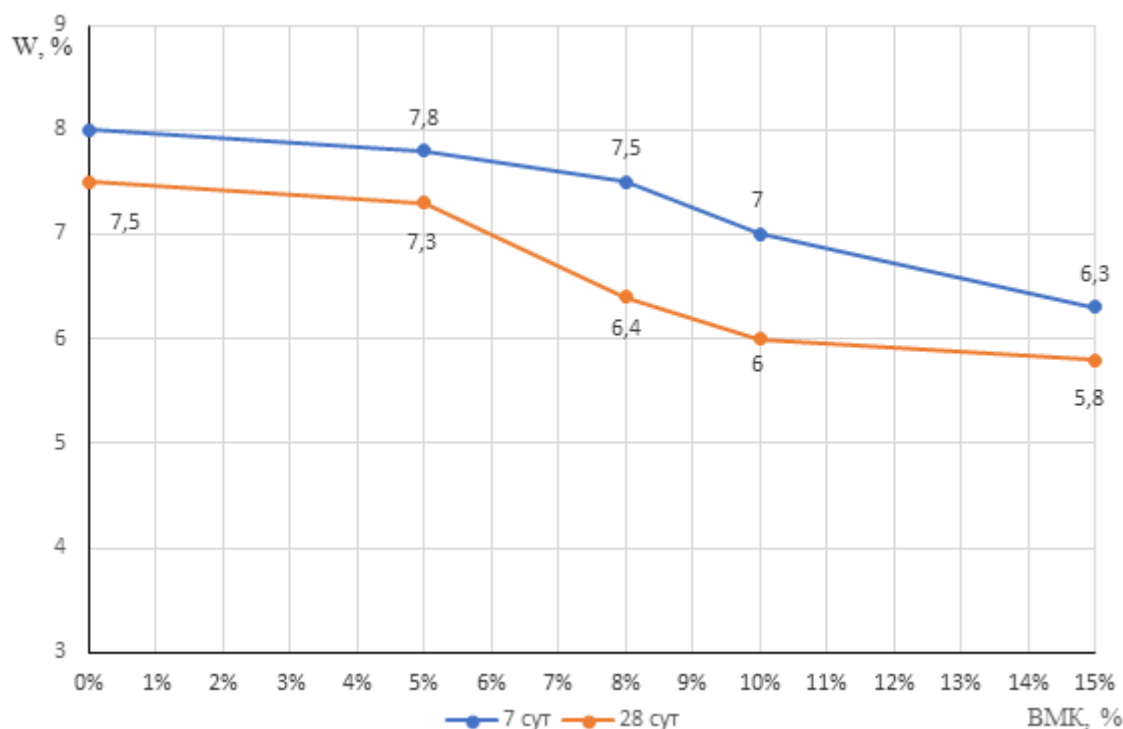


Рисунок 2 – Изменение водопоглощения мелкозернистого бетона серии II в зависимости от количества добавленного метакаолина

С увеличением количества высокоактивного метакаолина водопоглощение уменьшается во всех мелкозернистых бетонах, выдержанных как в нормальных условиях твердения, так и при пропаривании. Наименьшее значение водопоглощения имеют образцы бетона, содержащего в своем составе 15% ВМК.

Эти результаты свидетельствуют о формировании плотной структуры мелкозернистого бетона с добавлением ВМК. Умень-

шение водопоглощения бетона с увеличением в его составе ВМК объясняется увеличением количества тонкодисперсной добавки в составе цемента, что способствует созданию микрокапиллярной структуры и снижению микрокапилляров.

Результаты определения прочности в 7 и 28 суток твердения в нормальных условиях и при пропаривании образцов мелкозернистого бетона в зависимости

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

от количества добавки ВМК представлены на рисунке 3.

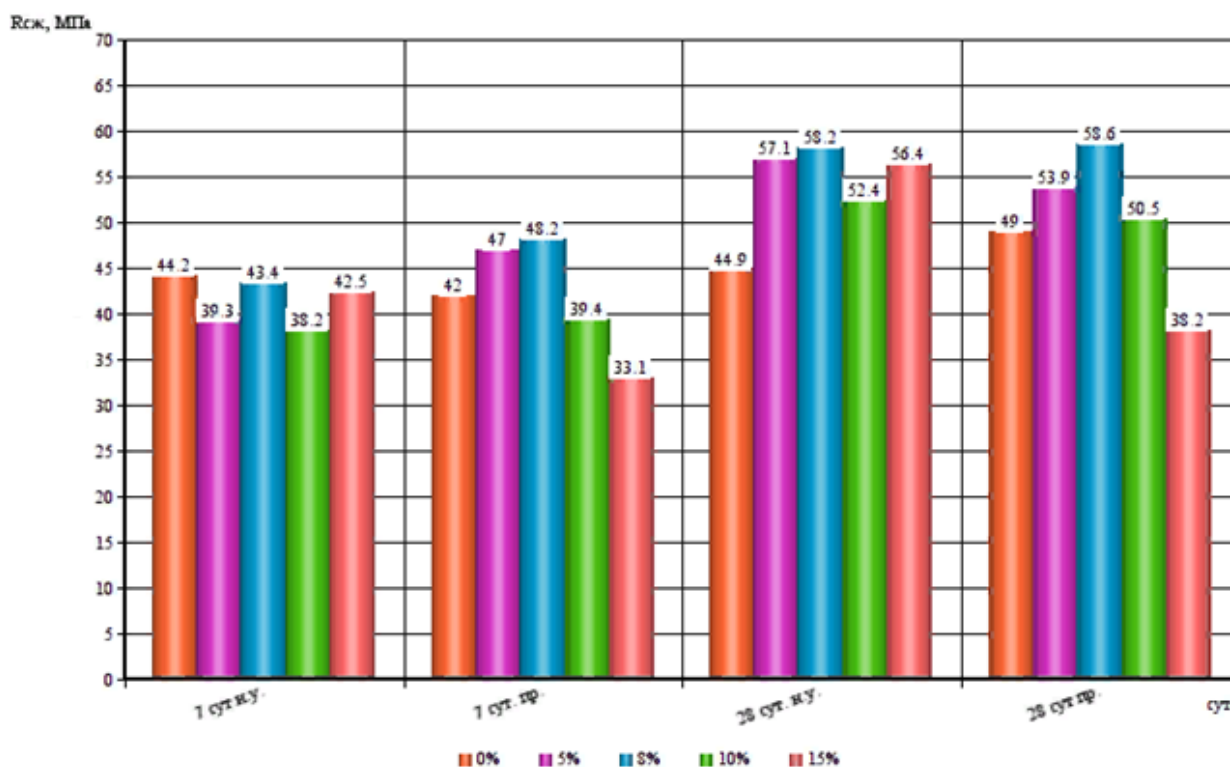


Рисунок 3 – Предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона образцов партий 2 – 6 в зависимости от количества введенного метакаолина.

Наибольшие значения предела прочности при сжатии показывают образцы мелкозернистого бетона с содержанием ВМК в количестве 5 – 8 %. С дальнейшим увеличением количества высокоактивного метакаолина прочность мелкозернистого бетона резко снижается.

Предел прочности при сжатии в 7 суток составляет в среднем 78 % от предела прочности при сжатии в 28 сутках в нор-

мальных условиях твердения, а после пропаривания 84%.

Прочность при сжатии мелкозернистого бетона образцов партий 10 – 14 приведена на рисунке 4. Набор прочности мелкозернистого бетона осуществляется в режиме пропаривания при температуре 70 – 75°C.

По данным рисунка 4 видно, что наибольшие значения предела прочности при сжатии достигают образцы с содержанием ме-

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

такаолина в количестве 8 %, в дальнейшем при увеличении дозировки показатели предела прочности начинают снижаться.

В возрасте 7 суток набор прочности составляет  $\approx 77\%$  от марочной прочности в 28 суток.

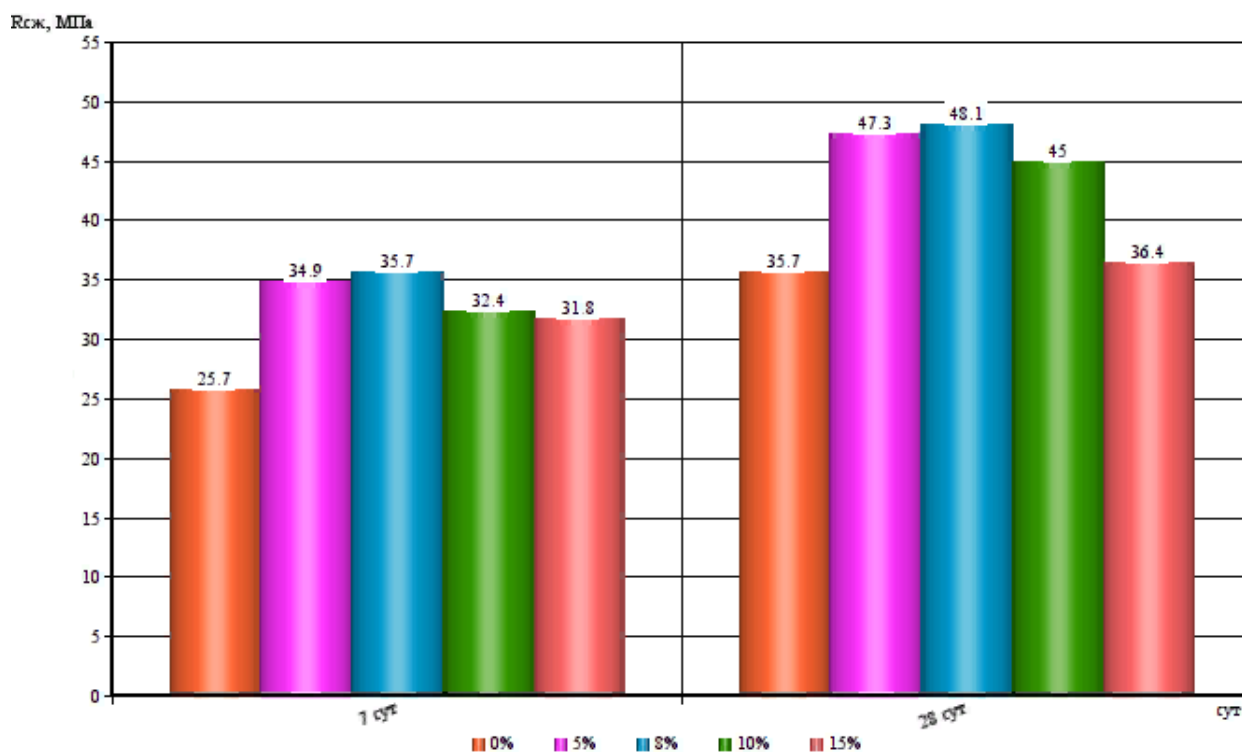


Рисунок 4 - Предел прочности при сжатии мелкозернистого бетона партий 10 – 14 в зависимости от количества введенного метакаолина

На рисунке 5 показана зависимость изменения предела прочности при изгибе в зависимости от количества добавки ВМК, а также от условий твердения образцов мелкозернистого бетона серии I.

Следует отметить, что при нормальных условиях твердения

предел прочности при изгибе в среднем на 13 % больше, чем при пропаривании.

Набор прочности при изгибе мелкозернистого бетона с добавкой высокоактивного метакаолина идентичен набору прочности этого бетона при сжатии (рисунки 3 и 5).



## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

Результаты исследований показывают, что добавка высокоактивного метакеолина до 15 % от цемента снижает водопоглощение мелкозернистого бетона, однако прочность при сжатии и

изгибе бетона повышается только у тех образцов бетона, в составе которых замена портландцемента метакеолином не превышает 8%.

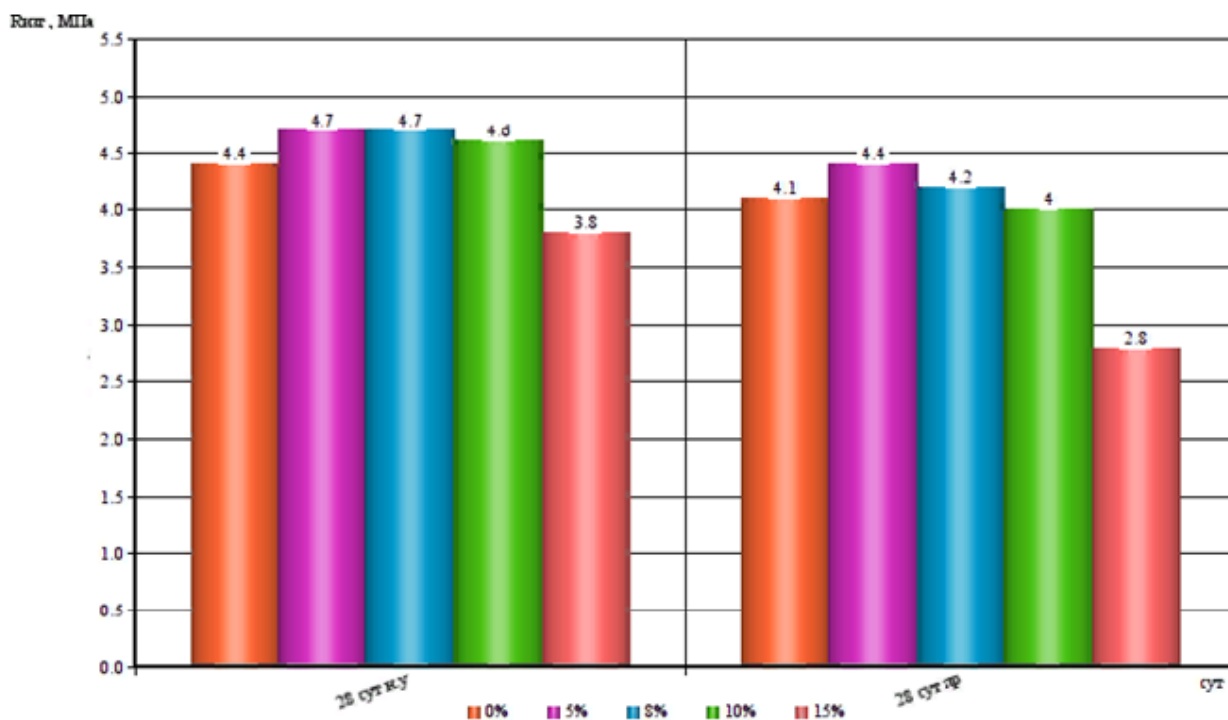


Рисунок 5 – Изменение предела прочности при изгибе в зависимости от условий твердения.

Причем, бетон, выдержанный в нормальных условиях твердения, показывает наименьшее водопоглощение по сравнению с пропаренным бетоном.

Установлена оптимальная степень замены портландцемента высокоактивным метакеоли-

ном в составе мелкозернистого бетона, равная 8%, которая обеспечивает наибольшую прочность как при сжатии, так и при изгибе. Таким образом, введение ВМК в мелкозернистую бетонную смесь должно производиться в строго определенных дозировках, не превышающих 8% от массы це-

## ИДЕИ И ПРОЕКТЫ МОЛОДЕЖИ РОССИИ

мента. Превышение установленной дозировки ВМК приводит к резкому снижению прочности мелкозернистых бетонов.

В результате реакции между метаксаолином и  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  происходит формирование и оптимизация структуры порового пространства. Достижение высокой

прочности связано с сокращением пористости за счет образования и роста первичных кристаллических гидросиликатных фаз, возможной перекристаллизации и образования вторичных кристаллов, заполнением ими пространства на микроуровне.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шишканова В.Н. Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: учеб. пособие по дисциплине «Строительные материалы при реконструкции, восстановлении и капитальном ремонте зданий и сооружений»/ В.Н. Шишканова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013 – 124 с.
2. Федюк Р.С. Исследование водопоглощения мелкозернистого фибробетона на композиционном вяжущем/ Р.С. Федюк// *Фундаментальные исследования*. – 2016. – №2 (часть 2) – С. 303 – 307.
3. Кирсанова А.А. К вопросу о применении добавки метаксаолина в бетоне/ А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар// *Наука. Южно-Уральский государственный университет материалы 65-ой Научной конференции*. – Челябинск, 2013. – С. 70-73.
4. Кирсанова А.А. Особенности применения добавок на основе метаксаолина в бетоне / А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар// *Материалы Международной научной конференции молодых ученых «Перспективные материалы в строительстве и технике (ПМСТ-2014)»*. – Томск, 2014 – С. 82-89.