

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-24-31

Егорова А.Д., *Попов А.Л., Заровняев П.П., Дуюков Т.Т.
Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова
*E-mail: surrukin@gmail.com

ВЛИЯНИЕ МИКРОАРМИРОВАНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТОМ РАЗНЫХ МАРОК НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ ПЕН

Аннотация. В работе обоснована эффективность и перспективность исследований в направлении микроармирования минеральными волокнами ячеистых материалов. В связи с зависимостью качества пенобетона от качества применяемой пены, в работе рассматривается микроармирование пены как прием, повышающий её качественные показатели. Так, рассматривается влияние на физико-механические свойства пен добавки хризотил-асбеста в виде смесей волокон различного фракционного состава. Смеси хризотил-асбеста представляют собой тонкие волокна и пряди, что прогнозирует их равномерное распределение, по матрице строительных композитов, улучшая их структурную стойкость и повышая прочностные характеристики. В статье исследованы влияние концентрации и фракционного состава хризотил-асбеста на кратность и стойкость пен. А также показаны особенности синерезиса и структуры микроармированных хризотил-асбестом пен. Показано, что микроармирование пен волокнами хризотил-асбеста повышает их структурную стойкость, замедляя синерезис системы и предотвращая осаждение столба пены, но снижает её кратность относительно раствора пенообразователя. Также микроармирование повышает стойкость пены в поризованном растворе, характеризующейся сохранением пеной изначального объема в составе цементной смеси. В статье обоснован выбор наиболее эффективной марки хризотил-асбеста и его дозировки для повышения свойств пены.

Ключевые слова: хризотил-асбест, минеральные волокна, пенообразователь, пена, пенобетон.

Введение. Одним из наиболее актуальных вопросов в области ячеистых бетонов является повышение их эффективных свойств, в том числе с применением местного регионального сырья [1–8]. Российский и зарубежный опыт показывает, что наиболее перспективным и широко применяемым методом улучшения характеристик пенобетонов является микроармирование дисперсными волокнами [9–13]. Исходя из этого, для расширения сырьевой базы применяемых компонентов для получения ячеистых бетонов, необходимы научные исследования, направленные на изучение возможности применения микроармирующих волокон различного происхождения и состава в технологии пенобетона.

Известно, что свойства пенобетона по большей части зависят от качества применяемых пен [14, 15]. Пена для пенобетонов – это высококонцентрированная дисперсная система с газовой дисперсной фазой и жидкой дисперсионной средой. Качество пен определяется физико-механическими свойствами – кратностью, стойкостью, коэффициентом синерезиса, а также размером пор. Исследованиями авторов показано [14], что повышение стойкости пен возможно микроармированием пены дисперсными волокнами, которые способствуют более медленному синерезису т.е. вододелению в пене за счёт закупорки каналов стекания жидкости, что способствует более длительному сохранению пены в исходном мел-

копористом состоянии. В данной работе предлагается рассмотрение в качестве микроармирующей добавки волокон хризотил-асбеста. Главное преимущество хризотил-асбеста это его способность делиться на тонкие волокна и пряди, вплоть до элементарных кристаллов, с сохранением высокой прочности на разрыв (до 350 кг/мм³), что прогнозирует его равномерное распределение, по матрице строительных композитов, улучшая их структурную стойкость и повышая прочностные характеристики. Такое преимущество хризотила в совокупности с достаточно большой распространённостью месторождений асбеста на территории России, делает его перспективным материалом для производства пенобетонов.

Методология. Основными характеристиками пенообразователей являются кратность, стойкость во времени и стойкость в поризуемом растворе определяемые по формулам 1–4 согласно ГОСТ Р 50588–2012 и ГОСТ 6948–81.

Кратность пены определяется значением отношения объема полученной пены к объему использованного для её формирования раствора пенообразователя:

$$K = \frac{V_{п}}{V_{по}}; \quad (1)$$

где $V_{п}$ – объем полученной пены, л; $V_{по}$ – объем раствора пенообразователя из которого была получена пена, л.

Стойкость пены определяется временем, в течение которого не происходит осаждения столба пены, однако из-за значительного влияния на стойкость пены микроармирования, для более чистого эксперимента стойкость пены оценивалась временем выделения из пены жидкости в количестве 50 % от раствора пенообразователя, использованного для формирования испытываемой пены.

Кроме выше обозначенных показателей, стойкость пены определяется коэффициентами стойкости по синерезису ($K_C^п$) и объему ($K_V^п$), характеризующие процессы водотделения:

$$K_C^п = 1 - \frac{M_c}{\rho_p}; \quad (2)$$

$$K_V^п = 1 - \frac{V_n - V_t}{V_n}; \quad (3)$$

где M_c – масса синерезиса 1 л пены (количество выделившейся воды), г; ρ_p – плотность пены, г/л; V_t – изменяемый во времени объем пены, л; V_n – начальный объем пены, л.

Физический смысл явления синерезиса состоит в стекании избыточной жидкости из плёнок пены в места их стыков и последующем вытекании под действием гравитации в нижние слои пены. Таким образом, утончение плёнок приводит к коалесценции пузырьков пены и укрупнению ячеистой структуры. Итогом указанного процесса становится снижение устойчивости пены и сокращение времени ее «жизни».

Стойкость пены в поризованном растворе рассчитывается отношением объема полученной пеносмеси к сумме исходных объемов пены и цементного раствора в раздельности:

$$C_{цт}^п = \frac{V_{цт}^{пор}}{V_{цт} + V_{пен}}; \quad (4)$$

где $V_{цт}^{пор}$ – объем полученного поризованного теста, л; $V_{цт}$ – объем цементного теста, л; $V_{пен}$ – объем пены, л.

Определение данного показателя осуществляется по следующей методике. Для формирования 1 л поризованной смеси смешивается цементное тесто с В/Ц=0,27 и пена. Далее производится перемешивание смеси в течение 1 минуты и замер высоты ее столба. После по формуле 1 рассчитывается значение стойкости пены в поризованном растворе. Пену следует считать удовлетворительной, если значение $C_{цт}^п=0,8-0,85$, качественной – если $C_{цт}^п>0,95$.

Основная часть. В работе использовался хризотил-асбест Киембаевского месторождения, предоставленный для исследования ООО «Комбинат «Волна», являющийся смесью волокон различной длины соответствующих маркам – 3–60; 4–30; 5–70; 6К-30; 6-50; согласно ГОСТ

12871-2013. Фракционный состав хризотил-асбеста приведён в таблице 1. Пенообразователь белкового происхождения производства Foamsem (Италия) представляющий собой жидкость темно-вишнёвого цвета, с плотностью 1150 кг/м³, показателем кислотности pH равным 6,7±0,3.

Таблица 1

Фракционный состав хризотил-асбеста

Марка	Массовая доля остатка волокна на ситах с размером стороны ячейки в свету, %			Массовая доля фракции менее 0,4 мм, %
	4,8 мм	1,35 мм	0,4 мм	
3-60	60	30	7,2	2,8
4-30	30	50	16	4,0
5-70	-	70	22	8,0
6-55	-	50	39	11,0
6К-30	-	30	49,8	20,20

Контрольную пену получали путем перемешивания водного раствора пенообразователя в концентрации 2,7 г/л рекомендованной производителем. Для получения микроармированной пены волокна подвергались предварительной распушке в воде раствора в количестве 5 % от массы воды для лучшего их распределения в пене, затем добавлялся пенообразователь. Перемешивание проводилось с использованием лабораторной верхнеприводной мешалки WiseStir HS-30D в течение 3 минут при 3000 об/мин, до формирования стойкой однородной пены. Результаты определения кратности и стойкости пены в зависимости от марки хризотил-асбеста и фракционного состава приведены на рисунке 1.

Согласно результатам, введение хризотил-асбеста вне зависимости от фракционного состава снижает кратность и увеличивает стойкость пенных структур по отношению к контрольной пене. Увеличение стойкости связано с тем, что волокна, попадающие в межпузырьковые каналы пены, способствуют более медленной миграции воды обусловленной силой тяжести, что в контрольной пене и приводит к более быстрому расслоению и синерезису. Снижение кратности происходит по причине создания в пене волокнами дополнительных напряжений препятствующих возникновению пленок пены. Как видно из рис. 1 лучшей стойкостью, за счёт закупорки каналов миграции воды характеризуются волокна хризотил-асбеста марок 3–60, 4–30 и 5–70 с укрупненным фракционным составом. Однако они же и способствует более сильному снижению кратности. Напротив, хризотил-асбест с более мелким фракционным составом марок 6-50 и 6К-30 чуть меньше влияют на кратность, но и меньше повышают стойкость пен.

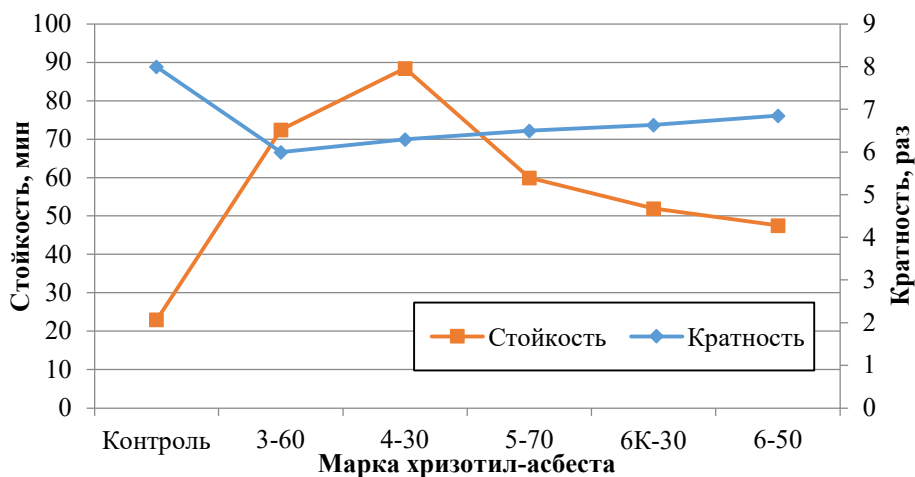


Рис. 1. Зависимость кратности и стойкости пены от марки хризотил-асбеста

Согласно результатам наблюдения процессов водоотделения (рис. 2) и осаждения столба пены (рис. 3), подтверждается, что среди рассматриваемых марок хризотил-асбеста прослеживается зависимость – чем крупнее фракцион-

ный состав, тем медленнее процессы водоотделения и как следствие медленнее осаждение столба. В случае хризотил-асбеста марок 3–60 и 4–30 схлопывания пены не происходит и на следующие сутки.

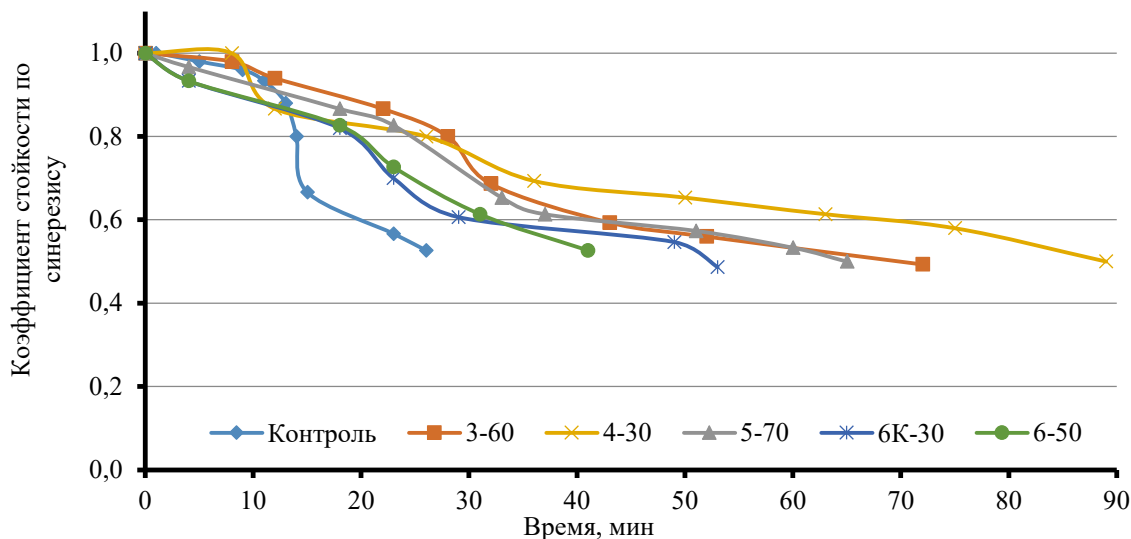


Рис. 2. Кинетика устойчивости пен во времени по синерезису в зависимости от марки хризотила

Таким образом, рассмотренные марки хризотил-асбеста можно разделить на 2 группы, более крупного фракционного состава, которые повышают стойкость, но сильнее снижают кратность пен – это 3–60 и 4–30, и более мелкого фракционного состава, которые не так сильно повышают стойкость, но и не сильно влияют на кратность – 5–70, 6К-30 и 6–50. При этом хризотил-асбест марки 4-30 обладает преимуществами обеих групп, не сильным снижением кратности пены, но высоким повышением стойкости. С учетом вышеописанного для дальнейших исследований выбраны марки хризотил-асбеста 3–60, 4–30 и 6К-30.

Для определения стойкости в поризуемом растворе, в качестве растворов применяли порт-

ландцементное тесто с В/Ц равным 0,27. Физический смысл эксперимента в сохранении ячеистой структуры пены при её смешении с поризуемым компонентом. Так, пониженная стойкость (менее 0,8) говорит об увеличении плотности, обусловленной низкой структурной прочностью пены.

Согласно полученным данным (табл. 2) микроармирующая добавка хризотил-асбеста марки 4–30 способствует увеличению стойкости пены делая её качественной, так как значение $S_{цт}^п$ равно 0,95, при том что коэффициент стойкости чистой пены равен 0,81. Влияние хризотил-асбеста марок 3–60 и 6К-30 менее значительно, первый увеличивает стойкость до 0,83, второй напротив снижает до 0,79, делая пену неудовлетворительной.

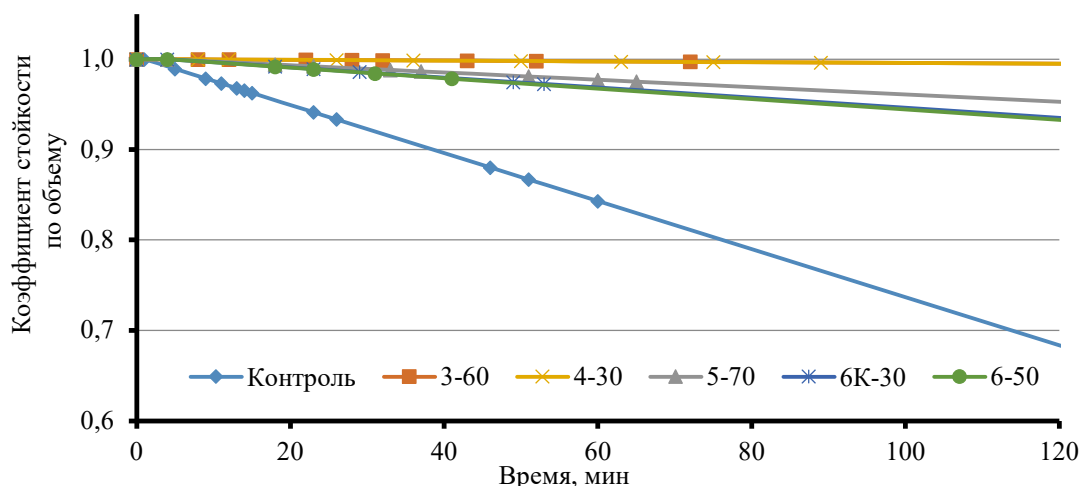


Рис. 3. Кинетика устойчивости пен во времени по объему в зависимости от марки хризотила

Таблица 2
Стойкость пены в различных поризованных растворах

Марка хризотила	$V_{\text{цт}}$	$V_{\text{пен}}$	$V_{\text{цт}}^{\text{пор}}$	$C_{\text{цт}}^{\text{п}}$
Контроль	340	1000	1080	0,81
3-60	340	740	900	0,83
4-30	340	750	1040	0,95
6K-30	340	800	900	0,79

Были изучены стойкость и кратность пен выбранных марок при дозировках 1, 1,5 и 2 % (рис. 4, 5), для изучения влияния концентрации волокон хризотил-асбеста на свойства пен. Показано, что с увеличением дозировки фибры более 1,5 % происходит значительное снижение кратности пен. Наилучшими показателями кратность-стойкость при данной дозировке характеризуется фибра марки 4-30 (рис. 6). Кратность составляла 6,67 при стойкости, характеризуемой временем истечения 50 % жидкости из пены, 88,5 минут.

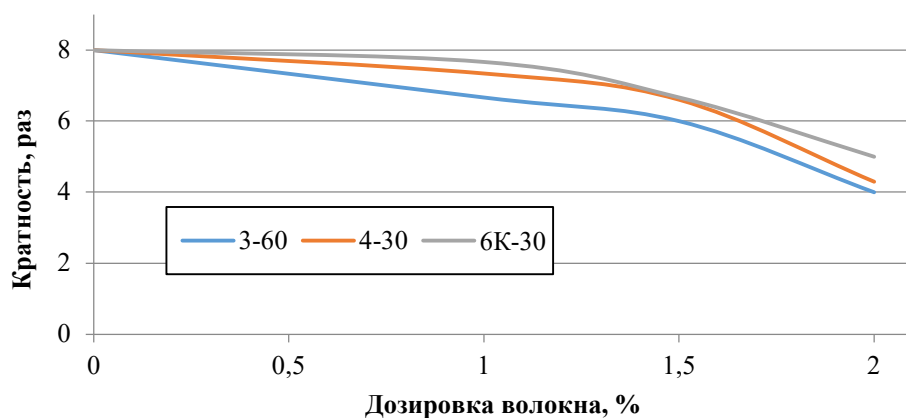


Рис. 4. Зависимость кратности пены от дозировки хризотил-асбеста

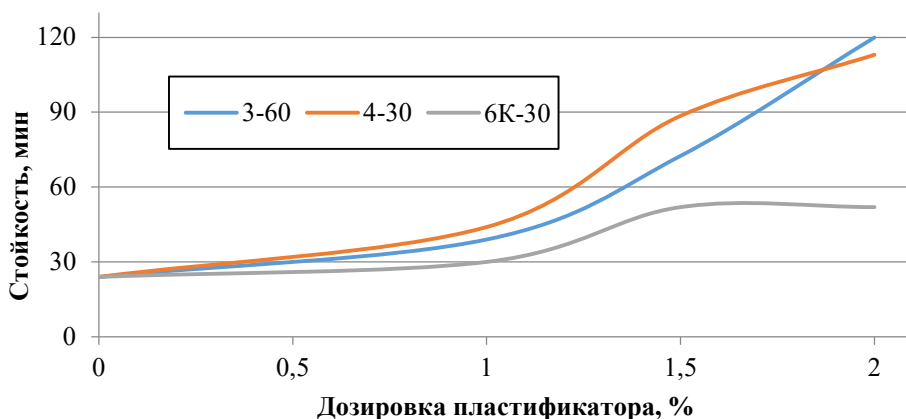


Рис. 5. Зависимость стойкости пены от дозировки хризотил-асбеста

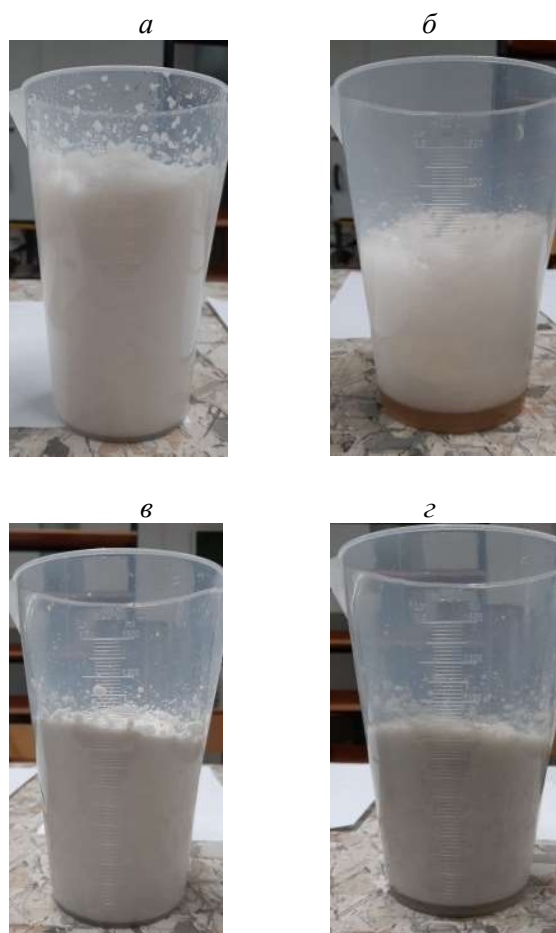


Рис. 6. Синерезис и осаждение столба пены:

- а) исходное состояние неармированной пены; б) состояние неармированной пены через 1 ч наблюдения;
 в) исходное состояние армированной пены хризотил-асбестом марки 4–30;
 г) состояние армированной пены хризотил-асбестом марки 4–30 через 1 ч наблюдения.

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод о влиянии различных видов марок хризотил-асбеста на свойства получаемых пен. Введение фибры повышает стойкость пен за счет замедления синерезиса и осаждения столба пены, однако при этом происходит снижение кратности пены на более чем 10 %. Улучшение стойкости пены связано с тем, что волокна, попадающие в межпузырьковые каналы пены способствуют более медленной миграции воды, что позволяет сохранять пене свою исходную мелкопористую структуру более длительное время.

Хризотил-асбест более мелкого фракционного состава с большим содержанием частиц менее 1,35 мм гораздо меньше повышает стойкость пены. Однако снижение кратности пены происходит в любом случае, что делает нерациональным применение хризотил-асбеста марок с более крупным фракционным составом – 5–70, 6К-30 и 6–50.

Наилучшими показателями повышения стойкости пены по критериям синерезиса, осаждения столба и стойкости в поризованном растворе, характеризуется хризотил-асбест марки 4–30.

Увеличением дозировки фибры более 1,5 % приводит к значительному снижению кратности пен, что делает данную дозировку точкой оптимума для хризотил-асбеста марки 4–30.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алфимова Н.И., Пириева С.Ю., Гудов Д.В., Шураков И.М., Корбут Е.Е. Оптимизация рецептурно-технологических параметров изготовления ячеистобетонной смеси // Строительные материалы и изделия. 2018. Т. 1. № 2. С. 30–36.
2. Володченко А.Н., Строкова В.В. Повышение эффективности силикатных ячеистых материалов автоклавного твердения // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2017. № 2 (58). С. 60–69.
3. Заровняев П.П., Егорова А.Д. Проблемы применения монолитного пенобетона в несъемной опалубке в суровых климатических условиях // Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 996–1004.

4. Кожухова Н.И., Данакин Д.Н., Кожухова М.И., Алфимова Н.И., Чепурных А.А. рН-показатель среды как фактор формирования поровой структуры пен // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №8. С. 101–108. DOI: 10.12737/article_5b6d586ca043d4.17885788

5. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Лесовик Г.А., Сопин Д.М., Митрохин А.А. Неавтоклавный газобетон на основе отходов промышленности // Актуальные вопросы архитектуры и строительства Материалы Пятнадцатой Международной научно-технической конференции. Редколлегия: В.Т. Ерофеев (отв. ред.) [и др.]. 2017. С. 203–205.

6. Местников А.Е., Рожин В.Н. Неавтоклавный пенобетон на механоактивированных сухих смесях для строительства в условиях Арктики // Фундаментальные основы строительного материаловедения Сборник докладов Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 1037–1046.

7. Нецвет Д.Д., Нелюбова В.В., Строкова В.В. Композиционное вяжущее с минеральными добавками для неавтоклавных пенобетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 4. С. 122–131. DOI: 10.34031/article_5cb1e65d077f65.54773394

8. Fomina E.V., Lesovik V.S., Fomin A.E., Kozhukhova N.I., Lebedev M.S. Quality evaluation of carbonaceous industrial by-products and its effect on properties of autoclave aerated concrete. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327. 042033. DOI:10.1088/1757-899X/327/4/042033.

9. Нелюбова В.В., Бабаев В.Б., Алфимова Н.И., Усиков С.А., Масанин О.О. Повышение эф-

фективности производства фибробетона // Строительные материалы и изделия. 2019. Т. 2. № 2. С. 4–9.

10. Лесовик Р.В., Агеева М.С., Казлитина О.В., Сопин Д.М., Митрохин А.А. К вопросу об оптимизации структуры высокопрочного фибробетона за счет использования нанодисперсного модификатора // Вестник ВСГУТУ. 2017. № 4 (67). С. 64–70.

11. Федоров В.И., Местников А.Е. Модификация технической пены для монолитного пенобетона введением вторичной целлюлозной фибры // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 1. С. 48–52.

12. Lesovik V.S., Mochalov A.V., Fediuk R.S., Glagolev E.S., Bituyev A.V. Increasing Impact Endurance of Fiber Concrete. Advances in Engineering Research. 2018. Vol. 177. Pp. 301–306. DOI: 10.2991/isees-18.2018.58

13. Fedorov V., Mestnikov A. Influence of cellulose fibers on structure and properties of fiber reinforced foam concrete. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol 143. 02008. DOI: 10.1051/matec-conf/201714302008

14. Попов А.Л., Нелюбова В.В., Нецвет Д.Д. Влияние природы пенообразователей на физико-технические свойства пен // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. С. 5–12. DOI: 10.12737/article_5abfc9b7ce94e3.70688983

15. Shcherbin S., Gorbach P., Savenkov A. Influence of properties and amount of foam on quality of foam concrete. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 667. 012093. DOI: 10.1088/1757-899X/667/1/012093.

Информация об авторах

Егорова Анастасия Дмитриевна, кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: eg_anastasy2004@mail.ru. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 677000, Якутск, ул. Кулаковского, д. 50.

Попов Александр Леонидович, инженер кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: surrukin@gmail.com. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 677000, Якутск, ул. Кулаковского, д. 50.

Заровняев Петр Петрович, аспирант кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 677000, Якутск, ул. Кулаковского, д. 50.

Дуюков Тимофей Тимофеевич, студент кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: duukovtima1998@mail.ru. Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова. Россия, 677000, Якутск, ул. Кулаковского, д. 50.

Поступила 06.03.2020

© Егорова А.Д., Попов А.Л., Заровняев П.П., Дуюков Т.Т., 2020

Egorova A.D., *Popov A.L., Zarovnyaev P.P., Duyukov T.T.

North-Eastern Federal University

*E-mail: surrukin@gmail.com

INFLUENCE OF CHRYSOTILE-ASBESTOS MICROREINFORCEMENT OF DIFFERENT MIXES ON THE PROPERTIES AND STRUCTURE OF FOAMS

Abstract. *The paper substantiates the effectiveness and prospects of research in the direction of micro-reinforcement of cellular materials with mineral fibers. Due to the dependence of the quality of foam concrete on the quality of the applied foam, the paper considers micro-reinforcement of foam as a technique that increases its quality indicators. Thus, the influence of chrysotile-asbestos additives in the form of fiber mixtures of various fractional composition on the physical and mechanical properties of foams is considered. Chrysotile-asbestos mixtures are thin fibers and strands that predict their uniform distribution over the matrix of building composites, improving their structural stability and increasing strength characteristics. The article examines the influence of the concentration and fractional composition of chrysotile asbestos on the multiplicity and stability of foams. The features of syneresis and structure of micro-reinforced chrysotile-asbestos foams are also shown. It is shown that the microreinforcement of foam by chrysotile-asbestos fibers increases their structural durability, slowing down the system's syneresis and preventing the deposition of the foam column, but reduces its aeration degree relative to the foaming agent solution. Also, microreinforcement increases the durability of foam in a mortar, characterized by the preservation of foam of the original volume in the composition of the cement mixture. The article substantiates the choice of the most effective mix of chrysotile asbestos and its dosage for increasing the properties of foam.*

Keywords: *chrysotile-asbestos, mineral fibers, foaming agent, foam, foam concrete.*

REFERENCES

1. Alfimova N.I., Pirieva S.Yu., Gudov D.V., Shurakov I.M., Korbut E.E. Optimization of receptural-technological parameters of manufacture of cellular concrete mixture [Optimizaciya recepturno-tehnologicheskikh parametrov izgotovleniya yacheistobetonnoj smesi]. Construction Materials and Products. 2018. Vol. 1. Issue 2. Pp. 30–36. (rus)
2. Volodchenko A.N., Strokova V.V. Improving the Efficiency of Autoclaved Silicate Cellular Materials [Povyshenie effektivnosti silikatnyh yacheistyh materialov avtoklavnogo tverdeniya]. Vestnik of North-Eastern federal university. 2017. No. 2 (58). Pp. 60–69. (rus)
3. Zarovnyaev P.P., Egorova A.D. Problems of using monolithic foam in a permanent form under harsh climatic conditions [Problemy primeneniya monolitnogo penobetona v nes'emnoj opalubke v surovyyh klimaticheskikh usloviyah]. Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya Sbornik dokladov Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa. 2017. Pp. 996–1004. (rus)
4. Kozhukhova N.I., Danakin D.N., Kozhukhova M.I., Alfimova N.I., Chepurnykh A.A. pH-value of reaction medium as a factor of foam structure formation [pH-pokazatel' sredey kak faktor formirovaniya porovoj struktury pen]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 8, Pp. 101–108. DOI: 10.12737/article_5b6d586ca043d4.17885788 (rus)
5. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Lesovik G.A., Sopin D.M., Mitrohin A.A. Non-autoclavic gas concrete from industrial waste [Neavtoklavnyj gazobeton na osnove othodov promyshlennosti]. Aktual'nye voprosy arhitektury i stroitel'stva Materialy Pyatnadcatoy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnickeskoj konferencii. Redkollegiya: V.T. Erofeev (otv. red.) [i dr.]. 2017. Pp. 203–205. (rus)
6. Mestnikov A.E., Rozhin V.N. Non-autoclavic foam concrete on furoactivated dry mixes for construction in conditions of the Arctic [Neavtoklavnyj penobeton na mekhanoaktivirovannyh suhih smesyah dlya stroitel'stva v usloviyah Arktiki]. Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya Sbornik dokladov Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa. 2017. Pp. 1037–1046. (rus)
7. Netsvet D.D., Nelyubova V.V., Strokova V.V. Composite binder with mineral additives for non-autoclave foam concrete [Kompozicionnoe vyazhushchee s mineral'nymi dobavkami dlya neavtoklavnyh penobetonov]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 4. Pp. 122–131. DOI: 10.34031/article_5cb1e65d077f65.54773394 (rus)
8. Fomina E.V., Lesovik V.S., Fomin A.E., Kozhukhova N.I., Lebedev M.S. Quality evaluation of carbonaceous industrial by-products and its effect on properties of autoclave aerated concrete. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 327. 042033. DOI:10.1088/1757-899X/327/4/042033.
9. Nelyubova V.V., Babaev V.B., Alfimova N.I., Usikov S.A., Masanin O.O. Improving the efficiency of fibre concrete production [Povyshenie

effektivnosti proizvodstva fibrobetona]. Construction Materials and Products. 2019. Vol. 2. Issue 1. Pp. 4–9. (rus)

10. Lesovik R.V., Ageeva M.S., Kazlitina O.V., Sopin D.M., Mitrohin A.A. Revisiting the structure optimization of high strength fiber concrete through the use of nanodisperse modifier [K voprosu ob optimizacii struktury vysokoprochnogo fibrobetona za schet ispol'zovaniya nanodispersnogo modifikatora]. Vestnik VSGUTU. 2017. No. 4 (67). Pp. 64–70. (rus)

11. Fedorov V.I., Mestnikov A.E. Modification of technical foam for monolithic foam concrete by introducing secondary cellulose fiber [Modifikaciya tekhnicheskoy peny dlya monolitnogo penobetona vvedeniem vtorichnoj cellyuloznoj fibry]. Industrial and Civil Engineering. 2018. No 1. Pp. 48–52. (rus)

12. Lesovik V.S., Mochalov A.V., Fediuk R.S., Glagolev E.S., Bituyev A.V. Increasing Impact Endurance of Fiber Concrete. Advances in Engineering

Research. 2018. Vol. 177. Pp. 301–306. DOI: 10.2991/isees-18.2018.58

13. Fedorov V., Mestnikov A. Influence of cellulose fibers on structure and properties of fiber reinforced foam concrete. MATEC Web of Conferences. 2018. Vol 143. 02008. DOI: 10.1051/mateconf/201714302008

14. Popov A.L., Nelyubova V.V., Necvet D.D. The influence of the foaming agents nature on physical and technical properties of foam [Vliyanie prirody penoobrazovatelej na fiziko-tekhnicheskie svoystva pen]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018. No 3. Pp. 5–12. DOI: 10.12737/article_5abfc9b7ce94e3.70688983 (rus)

15. Shcherbin S., Gorbach P., Savenkov A. Influence of properties and amount of foam on quality of foam concrete. IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 667. 012093. DOI: 10.1088/1757-899X/667/1/012093

Information about the authors

Egorova, Anastasiya D. PhD, Assistant professor. E-mail: eg_anastasy2004@mail.ru. North-Eastern Federal University. Russia, 677000, Yakutsk, st. Kulakovskogo, 50.

Popov, Aleksandr L. Engineer. E-mail: surrukin@gmail.com. North-Eastern Federal University. Russia, 677000, Yakutsk, st. Kulakovskogo, 50.

Zarovnyaev, Petr P. Postgraduate student. North-Eastern Federal University. Russia, 677000, Yakutsk, st. Kulakovskogo, 50.

Duyukov, Timofej T. Bachelor student. E-mail: duyukovtima1998@mail.ru. North-Eastern Federal University. Russia, 677000, Yakutsk, st. Kulakovskogo, 50.

Received 06.03.2020

Для цитирования:

Егорова А.Д., Попов А.Л., Заровняев П.П., Дуюков Т.Т. Влияние микроармирования хризотил-асбестом разных марок на свойства и структуру пен // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 4. С. 24–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-24-31

For citation:

Egorova A.D., Popov A.L., Zarovnyaev P.P., Duyukov T.T. Influence of chrysotile-asbestos microreinforcement of different mixes on the properties and structure of foams. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 4. Pp. 24–31. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-4-24-31