



УДК 691.327.33: 666.972.162

Бедарев А.А. – аспирант

E-mail: bedarev@ogent.net

Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 394006, Россия, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84

### **Влияние пластифицирующих добавок на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси для производства газосиликата**

#### **Аннотация**

Целью работы являлось исследование возможностей применения пластифицирующих добавок в задаче снижения В/Т-отношения силикатной смеси при производстве изделий из автоклавного ячеистого бетона (газосиликата).

Исследования проводились путем изучения влияния добавок-пластификаторов на гидратацию извести в составе системы «СаО – Н<sub>2</sub>О – пластифицирующая добавка», а также на комплексе параметров реальной силикатной смеси: диаметр распыла по вискозиметру Суттарда и температуру смеси в момент ее заливки в форму.

Выявлены особенности применения пластифицирующих добавок в модельных и реальных системах. Определены их эффективные дозировки, изучены возможности совместного введения с другими химическими добавками. На основе экспериментальных данных сделаны выводы о возможности снижения В/Т-отношения и проведения компенсационных мероприятий на основе применения пластифицирующих добавок.

**Ключевые слова:** силикатная смесь, ячеистый бетон, реологические характеристики, пластификатор, компенсация отклонений, В/Т-отношение, температура силикатной смеси.

В задаче повышения качества ячеистого бетона одним из основных направлений дальнейшего совершенствования структуры является максимальное снижение плотности стеновых конструкций при заданных показателях их качества.

В настоящее время заводы-изготовители выпускают газосиликатные изделия марки по плотности D400...D600. Изготовление изделий с плотностью менее 300 кг/м<sup>3</sup> сопряжено с рядом трудностей, связанных с особенностями формирования ячеистой структуры [1-5]. Поэтому снижение плотности ячеистых материалов должно сопровождаться комплексом мероприятий по упрочнению структуры их межпоровых перегородок.

Анализ литературных источников [3, 6] показал, что упрочнение структуры межпорового вещества возможно за счет снижения В/Т-отношения. В технологии изготовления ячеистого бетона автоклавного твердения для формирования массива-сырца воды берется больше, чем требуется для гидратации извести и формирования первичных новообразований. Несвязанная вода затем испаряется, создавая в структуре межпоровых перегородок капиллярную пористость и снижая ее прочностные свойства. Таким образом, в рассматриваемой задаче целесообразно снижение В/Т-отношения до минимально возможного уровня.

Однако процессы, протекающие при формировании ячеистой пористости, взаимосвязаны, и изменение даже одного из параметров способствует их смещению в неоптимальную с точки зрения качества готовой продукции область. Автором экспериментально установлено, что снижение В/Т-отношения ниже 0,5 приводит к значительным отклонениям реологического и температурного параметров смеси от их оптимальных значений.

Вода в силикатной смеси, помимо обеспечения гидратации извести и формирования первичной структуры новообразований, играет стабилизирующую и транспортную функции. Стабилизирующая заключается в снижении температуры силикатной смеси за счет большой теплоемкости воды, а транспортная – в непрерывном отводе продуктов реакции и подводе реагентов в реакционную зону. Именно эти процессы обеспечивают создание благоприятных условий для формирования ячеистой пористости с последующим закреплением ее состояния при схватывании.

Очевидно, что снижение В/Т-отношения должно сопровождаться комплексом мероприятий, направленных на компенсацию указанных отклонений. Разогрев смеси за счет снижения ее теплоемкости представляется возможным компенсировать воздействием на скорость гидратации извести путем введения добавок-замедлителей. Для компенсации роста вязко-пластичных свойств смеси целесообразно применение пластифицирующих добавок [7].

Применение пластифицирующих добавок в производстве газосиликатных изделий сопряжено с рядом особенностей. Многие исследователи [7, 8] указывают, что, помимо разжижающего, эти добавки способны оказывать замедляющий эффект на гидратацию вяжущих. В связи с чем возникла необходимость в проведении исследований по изучению комплексного влияния пластифицирующих добавок.

Исследования проводились в 2 этапа. На первом этапе изучалось влияние пластифицирующих добавок на гидратацию извести в модельной системе «CaO – H<sub>2</sub>O – пластифицирующая добавка». Поскольку гидратация извести является экзотермической реакцией, увеличение времени достижения максимальной температуры связано с увеличением срока гидратации и однозначно им определяется. В связи с этим замедляющий эффект добавки оценивался по изменению характера тепловыделения системы.

На втором этапе рассматривались реальные системы на основе силикатных смесей, модифицированных пластифицирующими добавками. Влияние добавки оценивалось по изменению диаметра расплыва смеси по вискозиметру Суттарда и температуры смеси в момент ее заливки в форму. В качестве разжижающих добавок использовались отечественный суперпластификатор С-3 и гиперпластификаторы Glenium ACE 30 и ГПМ-Ж, отличающиеся составом, ценой и эффективностью.

Суперпластификатор С-3, разработанный еще в 60-х годах XX века, до настоящего времени широко используется в технологии бетонов ввиду оптимального соотношения эффективности и невысокой стоимости (от 35 рублей за 1 кг). Сухой порошок С-3 представляет собой смесь полиметиленафталинсульфонатов натрия (олигомеров с длиной цепочкой от 1 до 25) в количестве 80-85 % и сульфата натрия в количестве 7-10 %, с влагосодержанием до 10 %.

Гиперпластификаторы являются пластифицирующими добавками следующего поколения и по эффективности значительно превосходят суперпластификаторы. Фирмы-производители не раскрывают полный состав своей продукции из коммерческих соображений. Из имеющихся данных можно заключить, что основу использованной в исследованиях добавки Glenium ACE 30 составляет смесь поликарбоксилатных эфиров. Производитель (компания BASF – The Chemical Company) отмечает, что молекулярная структура добавки обеспечивает большую поверхность для гидратации цементных частиц, способствуя при этом быстрой адсорбции молекул с цементными частицами с эффектом диспергирования (электростатической стабилизации). На российском рынке цена на добавку варьируется от 130 рублей за 1 литр.

Хорошо зарекомендовавшая себя на отечественном рынке добавка-гиперпластификатор ГПМ является добавкой комплексного действия. В исследованиях использовалась добавка ГПМ-Ж производства компании Ликург (г. Екатеринбург), представляющая собой водный 30 %-ый раствор гиперпластификатора ГПМ. Стоимость добавки – от 55 рублей за 1 литр.

### 1. Исследования влияния пластифицирующих добавок на гидратацию извести в составе системы «CaO – H<sub>2</sub>O – пластифицирующая добавка»

Опыты проводили по модифицированной методике определения времени и температуры гашения извести в соответствии с ГОСТ 22688-77 «Известь строительная. Методы испытаний». Массу навески извести в граммах определяли по формуле:

$$G=1000/A, \quad (1)$$

где А – активность извести, %.

В исследованиях использовалась известь с активностью 85,8 %, в связи с чем масса навески во всех опытах составляла 11,655 г. Предварительно известь размалывали в шаровой мельнице до удельной поверхности 560 м<sup>2</sup>/кг.

Дозировка воды в соответствии с ГОСТ 22688-77 составляла 25 мл. Ее температура поддерживалась постоянной при помощи лабораторного термостата и составляла для всех экспериментов 20 °С.

Дозирование химических добавок осуществлялось в пересчете на проценты от массы извести и производилось на аналитических весах с погрешностью измерения  $\pm 0,002$  г. Навеска добавки затворялась в 25 мл воды, затем раствор в герметичной таре выдерживался в термостате до испытаний.

Эффективность добавки по отношению к чистой системе оценивалась по коэффициенту замедления  $K_3$ , принимаемому равным отношению времени гидратации извести с химической добавкой к времени гидратации чистой системы.

На рис. 1 представлены кривые тепловыделения извести при ее гидратации в смеси с раствором пластифицирующих добавок при их различных дозировках и зависимость от них коэффициента замедления.

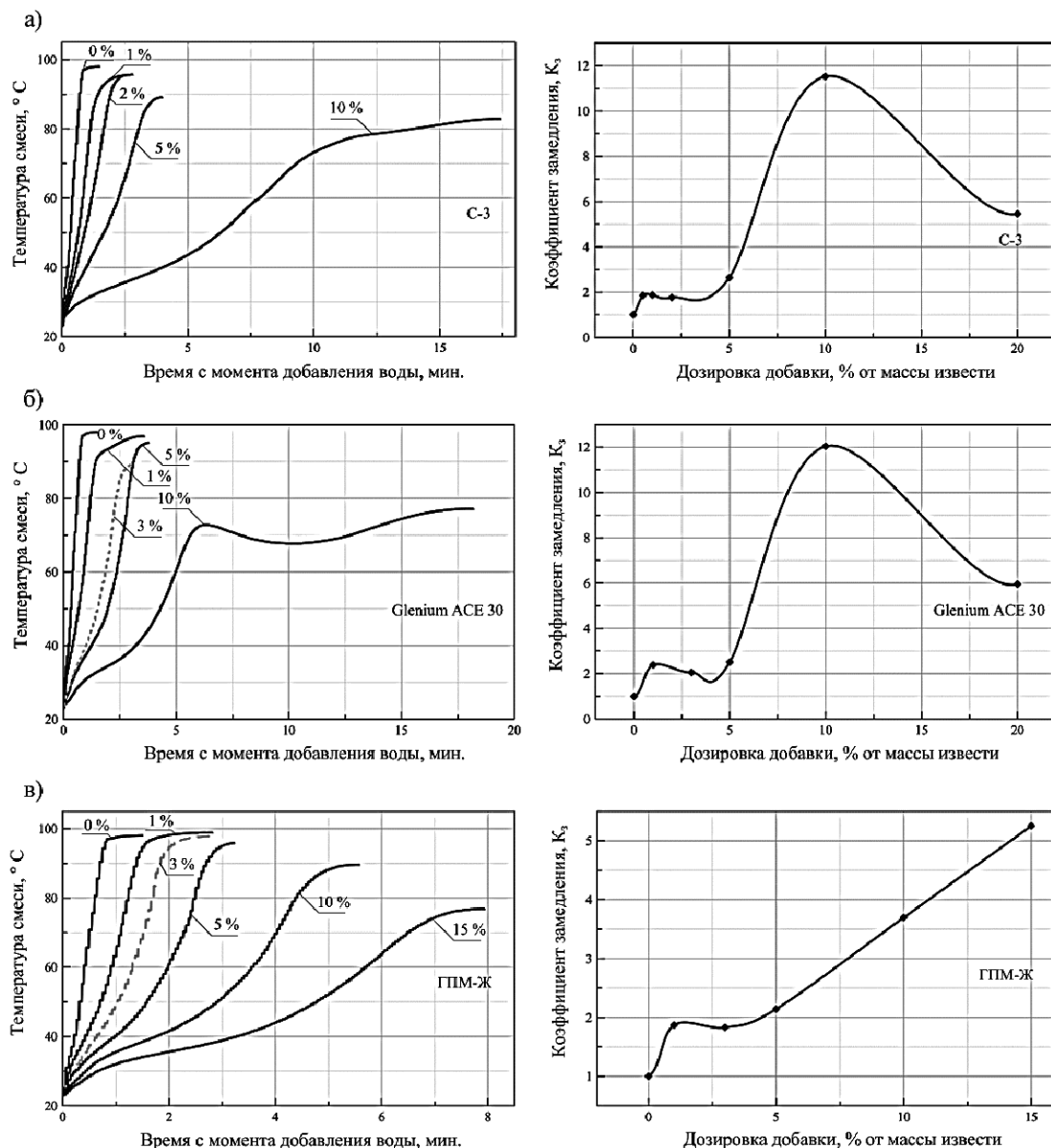


Рис. 1. Кинетика тепловыделения и коэффициент замедления извести с добавкой пластификатора: а) С-3; б) Glenium ACE 30; в) ГПМ-Ж

В отличие от традиционного метода по ГОСТ 22688-77, за время гидратации извести принималось время достижения смесью максимального значения температуры.

График кинетической кривой снимался при помощи погружной термопары и разработанной системы сбора данных на основе терморегулятора ТРМ 138 фирмы Овен, ЭВМ и управляющей программы Thermo Watch Duo [9].

Было установлено, что пластифицирующие добавки оказывают заметное замедляющее действие на скорость гидратации извести лишь при значительных их дозировках. Так, при введении 5 % от массы извести суперпластификатора С-3 наблюдается замедление гидратации в 2 и более раз, а при введении 10 % – уже в 11,5 раз (рис. 1). Для гиперпластификаторов Glenium ACE 30 и ГПМ-Ж замедление гидратации составляет 2,5 и 2,1 раз соответственно при 5 %-ной дозировке, и 12 и 3,7 раз соответственно – при 10 %-ной дозировке (рис. 1). Таким образом, максимально возможной дозировкой пластифицирующих добавок в качестве замедлителей гидратации следует считать дозировку в 10 % от массы извести для С-3 и Glenium ACE 30, что нецелесообразно как с точки зрения технологии, так и с точки зрения экономики. Поскольку для гиперпластификатора ГПМ-Ж эффективность замедления гидратации продолжает возрастать при увеличении дозировки, границу применения этого пластификатора следует назначать исходя из его разжижающей способности и величины снижения температуры гидратации извести, а также исходя из экономической целесообразности его применения.

Рассмотренное поведение системы «СаО – Н<sub>2</sub>О – пластифицирующая добавка» может отличаться от поведения реальных систем (газосиликатной смеси). С целью изучения этого вопроса были поставлены дополнительные исследования, представленные в следующем подразделе.

## 2. Оценка влияния пластифицирующих добавок на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси

С целью установления возможности применения пластифицирующих добавок как компенсационных мер при снижении В/Т-отношения проведены экспериментальные исследования влияния на температурные и вязко-пластичные свойства силикатной смеси.

Дозировки сырьевых компонентов представлены в таблице.

Таблица

Дозировки сырьевых компонентов на 300 г сухой смеси

Известь, г	Песок, г	Цемент, г
70,7	184,3	45,0

В/Т-отношение варьировали от 0,8 до 0,3. Температуру воды затворения во всех опытах поддерживали равной +20 °С. Перемешивание осуществлялось в теплоизолированном смесителе. В качестве реологической характеристики рассматривалась текучесть смеси, которую определяли по расплыву Суттарда. Температура смеси в момент заливки определялась системой сбора данных при помощи погружной термопары. Добавка вводилась вместе с водой затворения; раствор до перемешивания находился в термостате.

Эффективность пластифицирующей добавки оценивали по коэффициенту разжижения:

$$K_p = \frac{D_p^{\partial} - D_p^{\beta.\partial}}{D_p^{\beta.\partial}}, \quad (2)$$

где  $D_p^{\beta.\partial}$  – диаметр расплыва смеси без добавки при фиксированном значении В/Т-отношения;  $D_p^{\partial}$  – диаметр расплыва смеси с добавкой при том же фиксированном значении В/Т-отношения.

Результаты эксперимента представлены на рис. 2.

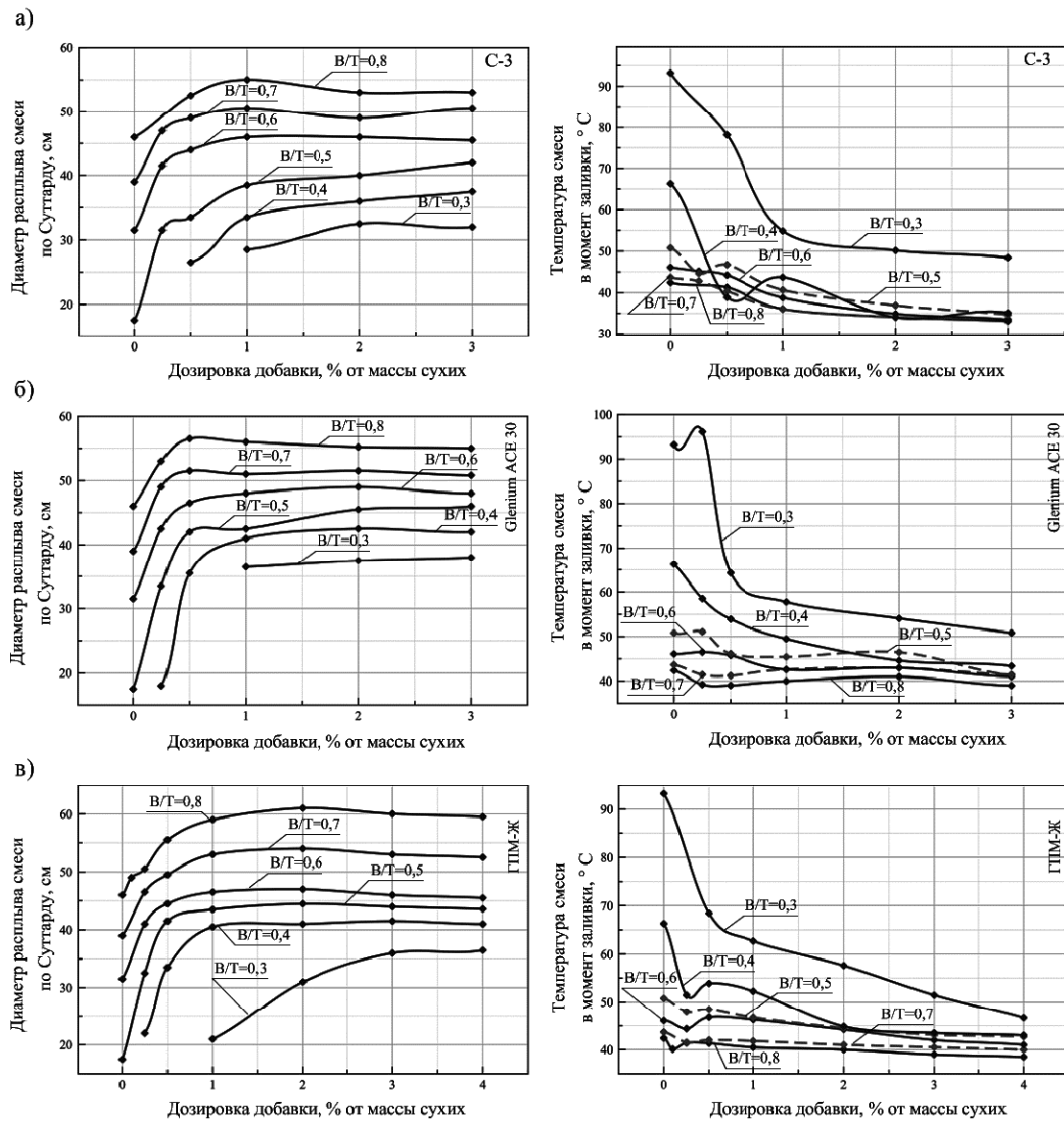


Рис. 2. Влияние на диаметр распыла смеси по Сутгарду и температуру смеси в момент заливки пластифицирующей добавки: а) С-3; б) Glenium ACE 30; в) ГПМ-Ж

Характер изменения коэффициента разжижения  $K_p$  для всех указанных добавок одинаков (рис. 3). Однако при низких значениях В/Т-отношения введение добавок Glenium ACE 30 и ГПМ-Ж эффективнее по сравнению с суперпластификатором С-3.

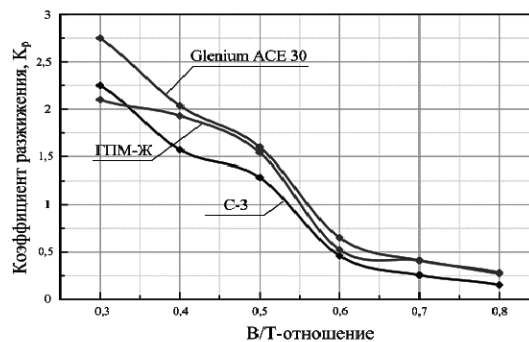


Рис. 3. Зависимость коэффициента разжижения от В/Т-отношения

Исследования показали, что наиболее эффективными дозировками добавок с точки зрения разжижения смеси являются дозировки 1...3 % от массы сухих компонентов. При этом снижение В/Т-отношения до значения 0,3 способствует значительному возрастанию температуры смеси в момент заливки. Эффекта замедления гидратации при этом уже недостаточно, чтобы скомпенсировать температурные отклонения силикатной смеси. Таким образом, эффективной границей снижения В/Т-отношения с компенсацией реологических и температурных отклонений за счет введения только добавок-пластификаторов без дополнительных замедлителей гидратации следует считать В/Т=0,4. Применение смесей с В/Т-отношением ниже указанного значения возможно только при введении дополнительных замедлителей гидратации.

Сравнение поведения систем с пониженным В/Т-отношением, модифицированных пластификатором, с добавкой гипса и без него показало неэффективность совместного применения этих добавок. Дополнительное введение гипса практически не сказывается на разжижающей способности пластификаторов, однако отрицательно сказывается на температурных показателях системы, особенно при дозировках пластификаторов 2-3 %.

Температура смеси с добавкой гипса в количестве 1-2 % от массы сухих компонентов возрастает, что указывает на ускорение гидратации извести. Очевидно, в таких системах часть пластификатора адсорбируется поверхностью гипса, при этом доля реакционноспособного гипса и способной к адсорбции пластифицирующей добавки снижается.

Проверка возможности совместного введения С-3 в количестве 1 % от массы сухих компонентов как эффективного замедлителя гидратации и гиперпластификаторов как эффективных разжижителей в количестве до 0,5 % от массы сухих компонентов показала их несовместимость. Снижение температуры смеси в момент заливки сопровождается снижением разжижающей способности добавок.

**Выводы.** Таким образом, возможности компенсации температурных и реологических отклонений при снижении В/Т-отношения должны определяться только свойствами добавки-пластификатора. Применение дополнительных способов управления температурой силикатной смеси в указанных условиях нецелесообразно. Поскольку эффективность указанных добавок по отношению к силикатной смеси практически одинакова (рис. 3), экономически целесообразно применение более дешевого суперпластификатора С-3.

### Список литературы

1. Федин А.А. Научно-технические основы производства и применения силикатного ячеистого бетона. – М.: Издательство ГАСИС, 2002. – 264 с.
2. Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий. – М.: Стройиздат, 1982. – 376 с.
3. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.
4. Кривицкий М.Я., Левин Н.И., Макаричев В.В. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции). – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 137 с.
5. Чернов А.Н. Ячеистый бетон переменной плотности. – М.: Издательство литературы по строительству, 1972. – 128 с.
6. Баранов И.М. Прочность неавтоклавно пенобетона и возможные пути её повышения. // Строительные материалы, 2008, январь. – С. 26-30.
7. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
8. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
9. Бедарев А.А. «Thermo Watch Duo» // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2012613271 от 06.04.2012 г.

Bedarev A.A. – post-graduate student

E-mail: bedarev@ogent.net

Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering

The organization address: 394006, Russia, Voronezh, 20-years of October st., 84

### The effect of plasticizers on the thermal and viscous-plastic properties of silicate mixture for gas silicate

#### Resume

To improve the quality of cellular concrete is necessary to reduce the density of wall structures and still maintain a given level of quality. By reducing the density the number of defects of the microstructure increases. To increase the strength of the microstructure can be applied reducing water-solid relationship.

However, the reduction of water-solid ratio silicate mixture leads to a mismatch of all processes. Rheology deviation from the optimal values is possible by plasticizers. There have been studies of plasticizers C-3, Glenium ACE 30 and GPM-G.

The studies were conducted by studying the effect of plasticizers on the hydration of the lime in the system «CaO – H<sub>2</sub>O – plasticizer» as well as the complex parameters of a real silicate mixture: diameter spreading out of silicate mixture on the basis of Suttard viscosity and temperature of the mixture at the time of filling in the form.

The features of plasticizers in the model and real systems were discovered. Their effective dosages were defined. The co-administration with other chemical additives was explored. The conclusions about the possibility of reducing the «water-solid» ratio and about implementation of compensation measures on the basis of plasticizers were made based on experimental data.

**Keywords:** silicate mixture, cellular concrete, rheology features, plasticizer, compensation of the deviation, «water-solid» ratio, temperature of the silicate mixture.

#### References

1. Fedin A.A Scientific and technical basis for the production and use of silicate cellular concrete. – M.: Publishing GASIS, 2002. – 264 p.
2. Goryainov K.A., Goryainova S.K. Technology insulation materials and products. – M.: Stroizdat, 1982. – 376 p.
3. Gorlov Yu.P., Merkin A.P., Ustenko A.A. Technology insulation materials. – M.: Stroizdat, 1980. – 399 p.
4. Krivitsky M.Ya., Levin N.I., Makarichev V.V. Cellular concrete (technology, features and design). – M.: Publishing House of construction, 1972. – 137 p.
5. Chernov A.N. Aerated concrete variable density. – M.: Publishing House of construction, 1972. – 128 p.
6. Baranov I.M. The strength of non-autoclave foam and possible ways to improve it. // Building Materials, 2008, january. – P. 26-30.
7. Batrakov V.G. Modified concrete. Theory and practice. – M.: Technoprojekt, 1998. – 768 p.
8. Ratinov V.B., Ivanov F.M. Chemicals in construction. – M.: Stroizdat, 1977. – 220 p.
9. Bedarev A.A. «Thermo Watch Duo» // The certificate of official registration of computer programs № 2012613271 from 06.04.2012.