

*Строкова В.В., д-р техн. наук, проф.,
Сумин А.В., аспирант,
Нелюбова В.В., канд. техн. наук, доц.,
Шаповалов Н.А., д-р техн. наук, проф.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

МОДИФИЦИРОВАННОЕ ВЯЖУЩЕЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА*

s-nsm@mail.ru

В работе показано влияние добавки наноструктурированного модификатора силикатного состава на свойства вяжущих с его использованием. Приведены зависимости кинетики набора прочности, реотехнологические и физико-механические характеристики вяжущего от его состава. Выбраны оптимальные составы и обоснована их эффективность.

Ключевые слова: *вяжущее, механоактивация, композиционный, наноструктурированный модификатор, силикатное.*

В настоящее время к числу задач, стоящих перед индустрией строительных материалов, одну из ключевых ролей занимает поиск простых в технологическом исполнении и недорогих способов повышения эффективности вяжущих и строительных материалов на их основе, каждый компонент которых играет определенную роль в процессах твердения и структурообразования. Согласно исследованиям достижения указанных задач возможно как за счет получения композиционных вяжущих на основе природных и техногенных компонентов [1, 2], так и за счет использования модификаторов различной природы, в том числе нанодисперсного уровня [3, 4]. При этом использование наномодификаторов позволяет существенно повысить эксплуатационные свойства композитов, а также создает возможность направленного их структурообразования.

Авторами разработано наноструктурированное вяжущее (НВ) на основе сырья различного состава и происхождения. Использование предложенного материала возможно в максимально широком диапазоне композитов строительного назначения не только в качестве основного связующего компонента, но и в качестве активной модифицирующей добавки – наноструктурированного модификатора (НМ). Возможность применения такого кремнезема как эффективного компонента в составе композиционного вяжущего была изучена в работе [5]. Результатом стали принципы повышения эффективности композиционного вяжущего за счет интенсификации процессов гидратации клинкерных материалов, что обусловлено введением высокоактивного кремнеземистого компонента. Однако, автором были использованы высококонцентрированные вяжущие суспензии, технология получения которых лежит в основе синтеза наноструктурированного вяжущего.

Главным отличием двух материалов является комплексная направленная модификация наноструктурированного вяжущего, что позволяет не только повысить технико-эксплуатационные характеристики последнего, но и свойства материалов на его основе.

В работе использовались цемент ЦЕМ I 42,5Н производства ЗАО «Белгородский цемент» и наноструктурированный модификатор на основе кварцевого песка Корочанского месторождения. Эффективность модификатора оценивалась по совокупности свойств вяжущего с его использованием: сроки схватывания, кинетика твердения, прочность при сжатии и изгибе. Модификатор вводился в систему взамен части цемента от 0 до 40 % с шагом 10 % (табл. 1).

Таблица 1

Составы модифицированного вяжущего

№ состава	Количество, %	
	Цемент	Наноструктурированный модификатор
1	100	–
2	90	10
3	80	20
4	70	30
5	60	40

Отмечено снижение нормальной плотности вяжущего наряду с увеличением содержания модификатора в системе (табл. 2). Вероятным объяснением данного факта служит снижение доли цементной составляющей. Введение модификатора способствует сокращению сроков схватывания вяжущего: в 1,7 при 10-% и в 2 раза при 20-% содержании добавки. Это связано с высокой активностью наноструктурированного модификатора, что приводит к раннему связыванию портландита, формирующегося в процессе гидратации цемента, и, как следствие, образованию первичных гидросиликатов кальция, приводящих к структурообразованию системы. Сокращение сроков схватывания является положи-

тельным фактом в случае, когда модифицированное вяжущее будет использоваться в материалах, в которых необходимо достижение ранней прочности сырца, в частности, ячеистых бетонах естественного и автоклавного твердения.

К числу важнейших характеристик вяжущих любого состава относятся их реологические особенности. Это особенно важно в случае ячеистых бетонов, когда реология вяжущего может повлиять на процессы поризации, и, как следствие, его теплоизолирующие и прочностные свойства. Реологию модифицированного вяжущего изучали с помощью прибора Rheotest RN

2.1 Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова (рис. 1).

Таблица 2

Физико-механические свойства модифицированного вяжущего

№ состав	Нормальная густота	Начало схватывания, мин
1	0,26	150
2	0,24	88
3	0,22	80
4	0,19	78
5	0,17	76

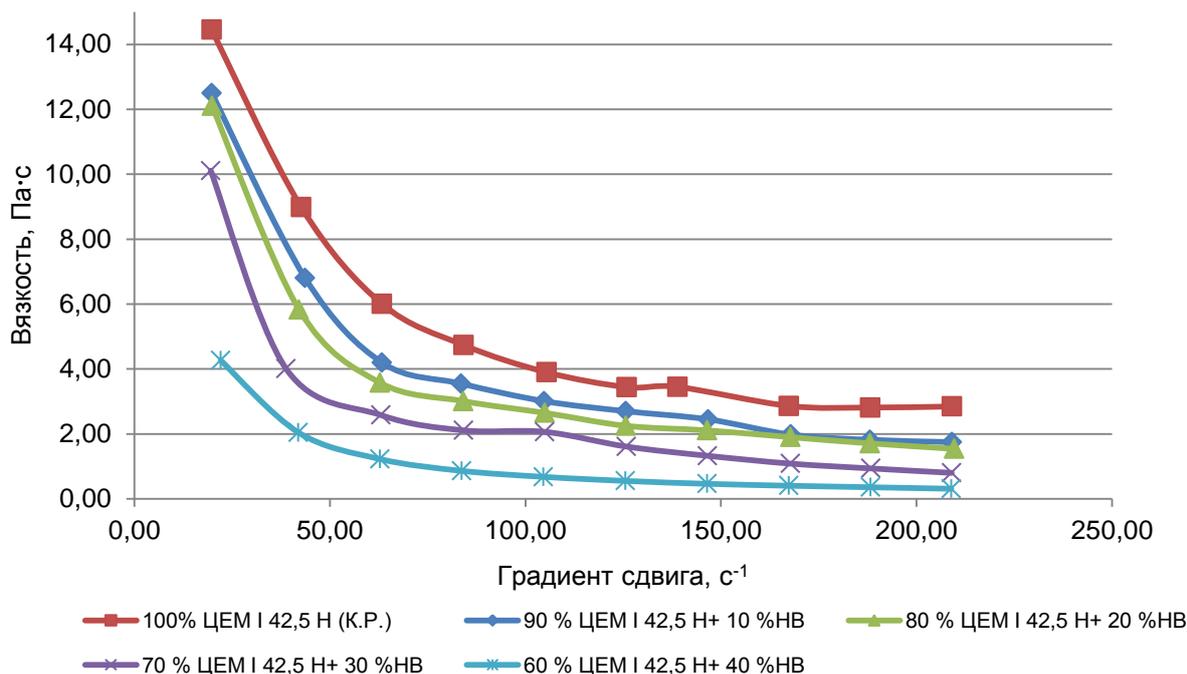


Рис. 1. Реограммы модифицированного вяжущего в зависимости от состава

Как видно, все вяжущие независимо от состава характеризуются типичным для цементных материалов тиксотропным типом течения. При этом кривые имеют схожий характер течения. Однако, введение модификатора снижает начальную вязкость вяжущего. Это обусловлено снижением доли клинкерной составляющей в системе. При затворении цемента водой начинаются первичные процессы гидратации и формирования пространственной структуры материала. Введение НМ до 20 % практически не меняет качественно и количественно реологические характеристики вяжущего за счет связывания активного вещества модификатора и портландита цемента, что приводит к образованию коагуляционных структур в объеме материала. При увеличении содержания модификатора в системе наряду с сокращением цемента наблюдается дефицит компонента, способного к формированию объемной структуры, что и отмеча-

ется снижением вязкости в 3,5 раза при максимальном содержании НМ.

Прочностные характеристики вяжущего с использованием НМ подтверждают эффективность его применения (рис. 2).

При введении наноструктурированного модификатора до 20 % повышает прочностные свойства вяжущего. Дальнейшее увеличение содержания НМ в системе приводит к падению прочности по сравнению с контрольным составом на 30 %. Это связано с высоким содержанием тонкой фракции в материале, а также высокой активностью модификатора, что приводит к изменению процессов гидратации вяжущего.

Необходимо отметить, что согласно ГОСТ 24211–2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов», существует понятие «критерия эффективности добавки» – Величина показателя (или показателей) основного эффекта действия, характеризующая эффективность добавки. В случае добавок, регулирующих свойства бето-

нов, одним из таких критериев является увеличение прочности бетонов и растворов в проектном возрасте на 20 % и более (конкретный критерий выставляется согласно классу или назначению добавки). Согласно приведенным данным, введение 20 % НМ взамен цемента в состав модифицированного вяжущего способствует

повышению прочности более чем на 30 %, что свидетельствует о высокой эффективности наноструктурированного модификатора. На основании вышеизложенного оптимальным выбран состав с содержанием наноструктурированного модификатора в количестве 20 %.

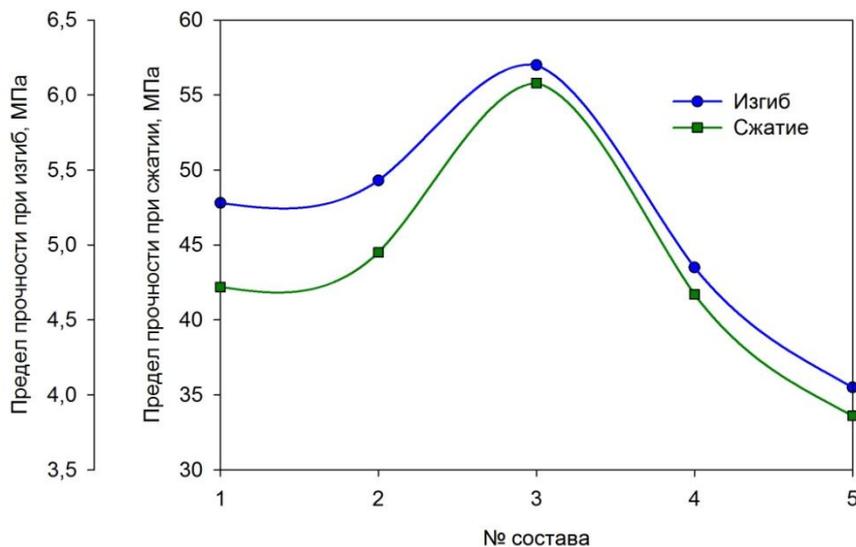


Рис. 2. Зависимости пределов прочности при сжатии и изгибе модифицированного вяжущего от его состава

Для формирования оптимальной структуры композитов на основе цементных вяжущих имеет значение не только их конечная прочность, но и кинетика ее набора. Согласно полученным данным (рис. 3), набор прочности модифицированного и контрольного вяжущих происходит аналогично. Главным отличием является вели-

чина прочности. Так, в случае модифицированного вяжущего уже на первые сутки твердения наблюдается превышение прочности в 1,7 раза по сравнению с контрольным составом. Далее разница несколько сокращается и к 28 суткам прирост прочности составляет около 30 %.

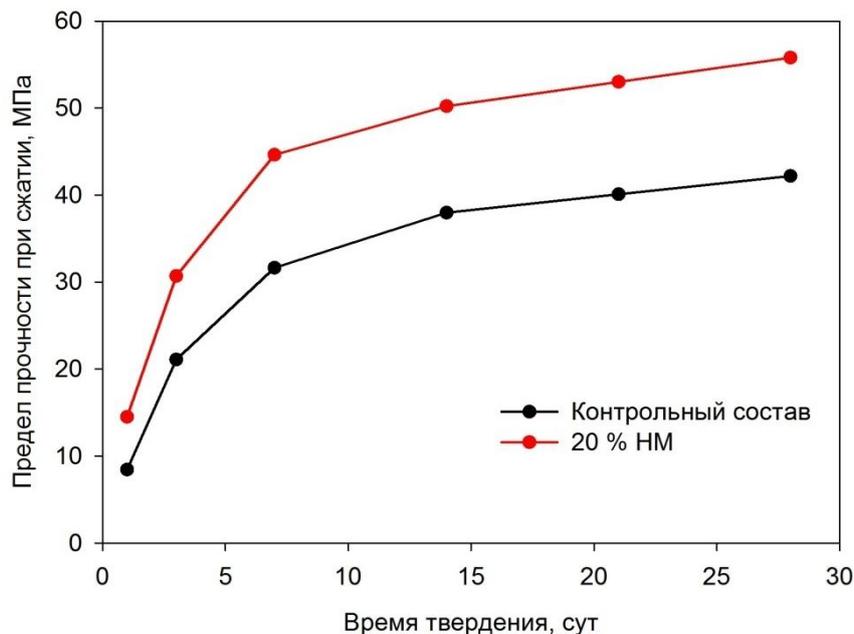


Рис. 3. Кинетика твердения вяжущих в зависимости от состава

Таки образом, в работе показана возможность использования наноструктурированного вяжущего силикатного состава для получения модифицированного вяжущего на основе цемен-

та и доказана его эффективность. Использование наноструктурированного модификатора позволяет существенно повысить прочностные свойства вяжущего с его использованием, а также

оптимизировать реотехнологические характеристики. Все это в совокупности позволит получать эффективные материалы различной структуры и способа твердения на основе модифицированного вяжущего.

**Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, договор № 14-33-50495/14.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишневская Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №3. С. 53–56.

2. Трунов П.В., Алфимова Н.И., Вишневская Я.Ю., Евтушенко Е.И. Влияние способа

помола на энергоемкость изготовления и качественные характеристики композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №4. С. 37–39.

3. Мирошников Е.В., Строкова В.В., Черватова А.В., Павленко Н.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 105.

4. Лесовик В.С., Володченко А.Н. Долговечность безавтоклавных силикатных материалов на основе природного наноразмерного сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. №2. С. 6–11.

5. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60–62.