

УДК 624.048

DOI 10.23968/1999-5571-2023-20-4-83-89

© С. А. Черевко, ст. преподаватель

© S. A. Cherevko, senior lecturer

© Е. В. Малащенко, студент

© E. V. Malashchenko, student

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: c3a@bk.ru, jeniama1@yandex.ru

E-mail: c3a@bk.ru, jeniama1@yandex.ru

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АМИНОСПИРТОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

TO THE ISSUE OF USING AMINO ALCOHOLS IN THE PRODUCTION TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS

Представлены результаты исследования возможности использования добавок на основе низкомолекулярных аминов (изопропаноламин, диэтанолпропаноламин, триизопропаноламин) в технологии строительных материалов. Целью исследования является поиск оптимальной области их применения. Приводятся результаты влияния указанных добавок на свойства строительных смесей на основе портландцемента, диапазон исследуемых дозировок — 0,025–1 % от массы цемента. Исследовалось влияние на подвижность строительных растворов, а также на прочность при сжатии в возрасте 7, 28, 56 сут. Работа производилась как на подвижных, так и на жестких смесях. Результатом работы является анализ эффективности применения добавок в качестве пластификаторов.

Ключевые слова: вяжущие, раствор, подвижность, прочность, жесткие смеси, подвижные смеси, пластификатор.

This article presents the results of a study of the possibility of using additives based on low molecular weight amines (isopropanolamines, diethanolisopropanolamine, triisopropanolamine) in building materials technology. The aim of the study is to find the optimal field of application of additives based on amino alcohols. The results of the study of additives on the properties of building mixtures based on Portland cement are presented. The range of studied dosages is 0,025–1 % of cement weight. The influence on the mobility of mortars, as well as on the compressive strength at the age of 7, 28, 56 days, was studied. The work was carried out both on mobile and rigid mixtures. The result of the work is an analysis of the effectiveness of the use of additives as plasticizers.

Keywords: binders, mortar, mobility, strength, rigid mixtures, mobile mixtures, plasticizer.

Введение

В строительном материаловедении одним из способов регулирования свойств получаемых материалов, влияния на технологические процессы производства, а также повышения качества выполняемых работ является использование строительной химии. Наряду с термином «строительная химия» часто используются термины «добавки», «модификаторы» и т. п. Строительная химия представлена весьма широкой группой органических и неорганических химических соединений, обладающих различными механиз-

мами воздействия на объект модифицирования [1]. Значительный объем рынка строительной химии представлен зарубежными компаниями, которые определяют направление развития данной отрасли. Существующие мировые тенденции создают перспективы развития отечественных производителей строительной химии. Для успешного экономического роста необходимо создание научных школ, которые способны целенаправленно проводить исследования и разработки новых продуктов.

В настоящей работе проведено исследование материалов, являющихся низкомолекулярными аминами (изопропаноламин, диэтанолпропаноламин, триизопропаноламин), представленными на рынке Российской Федерации. Цель исследования — определение возможности их применения в технологии строительных материалов. Известно использование триэтаноламина в технологии производства портландцемента в качестве интенсификатора помола. Действие интенсификатора основано на эффекте Ребиндера, а также способности добавки поверхностно активного вещества (в данном примере триэтаноламина) предотвращать агрегирование размалываемых частиц клинкера [2]. Указанная область применения обусловлена способностью образовывать поверхностно активные явления. Поверхностно активные вещества (ПАВ) широко используются при производстве строительных смесей в виде пластификаторов [3].

Таким образом, на первом этапе исследования изучалось влияние исследуемых аминов на свойства строительных смесей на основе портландцемента, а также на прочность получаемого раствора [4].

Характеристика используемых материалов

В качестве вяжущего материала применялся портландцемент ЦЕМ II/A-Бш 42,5Н по ГОСТ 31108. Основные характеристики цемента приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики используемого портландцемента

№ п/п	Показатель	Значение
1	Добавка (белитовый шлам), %	до 20
2	Нормальная густота, %	26,2
3	Начало схватывания, мин	140
4	Конец схватывания, мин	200
5	Удельная поверхность, м ² /кг	393
6	$R_{сж\ 28сут}$, МПа	48,6
7	$R_{изг\ 28сут}$, МПа	8,1

В качестве мелкого заполнителя применялся песок строительный по ГОСТ 8736. Основные характеристики песка приведены в табл. 2.

Для снижения влияния гранулометрического состава используемого песка на результаты испытаний было выполнено фракционирование исходного материала [5]. Далее полученные стандартные фракции смешивались в соотношении, указанном в табл. 3.

Низкомолекулярные амины:

- диэтанолпропаноламин (ДА);
- триизопропаноламин (ТА);
- этанолдиизопропаноламин (ЭА).

В рамках исследования выполнен входной контроль исследуемых материалов методом инфракрасной (ИК) спектроскопии на предмет наличия функциональных групп, характерных для аминоспиртов [6]. На рис. 1 представлены ИК-спектры низкомолекулярных аминов.

Анализ полученных спектров показал наличие рефлексов в интервале волнового числа 2800–3000 см⁻¹, что позволяет предположить наличие связей С–Н, характерное для алканов, присутствие рефлексов в интервале 3200–3500 см⁻¹ — данная область характерна для группы О–Н, а также для аминогрупп N–H.

Методы

Исследование влияния аминов на подвижность растворной смеси оценивалась по распылу стандартного конуса по ГОСТ 310.4. Изготавливалась цементно-песчаная смесь с соотношением цемент/песок 1/3 [7].

Таблица 2

Основные характеристики используемого песка

№ п/п	Показатель	Значение
1	Модуль крупности	2,3
2	Насыпная плотность, кг/м ³	1524
3	Плотность зерен, кг/м ³	2672
4	Содержание пылеватых и глинистых частиц, %	1,1

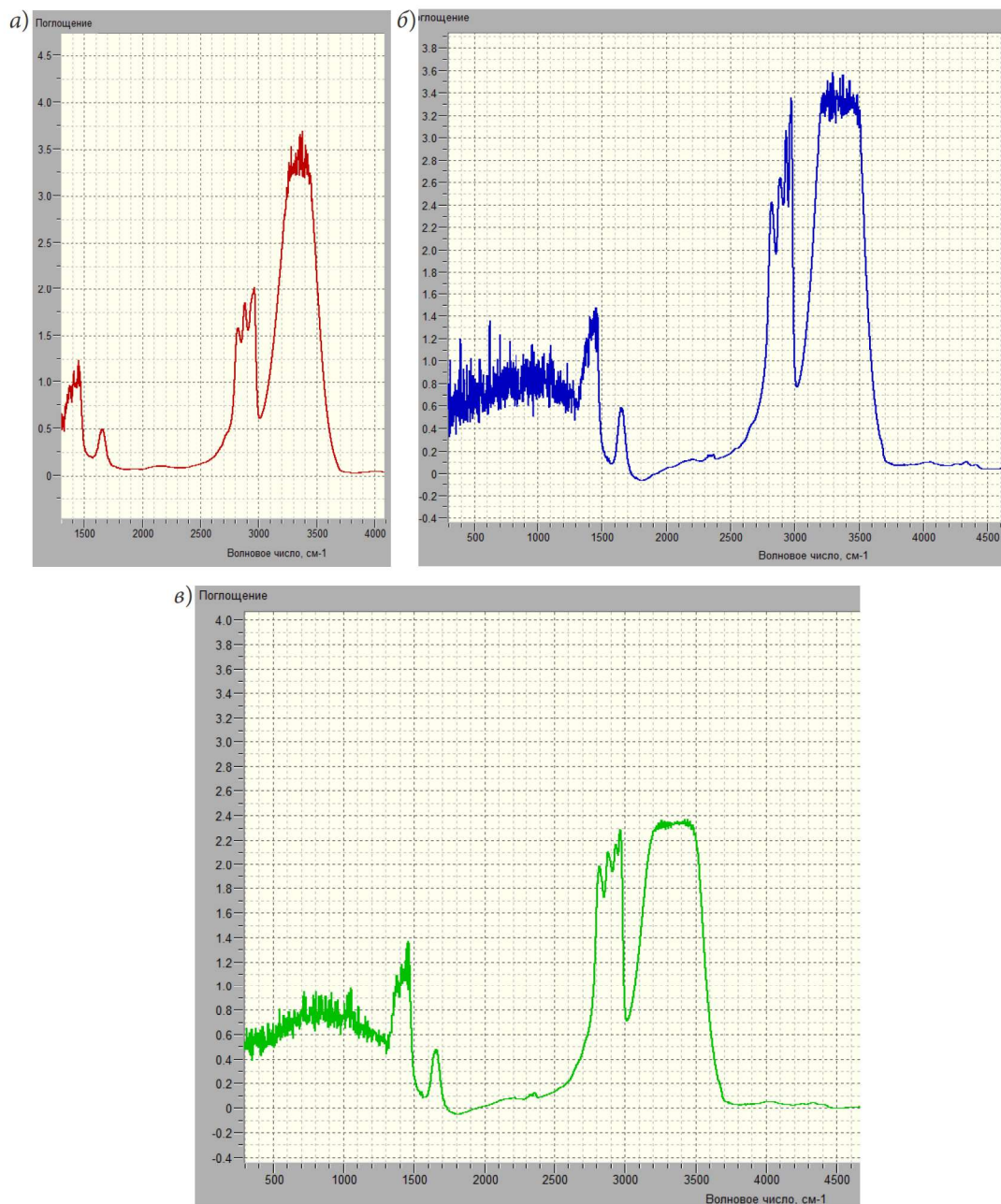


Рис. 1. ИК-спектры низкомолекулярных аминов: а — диэтанолпропаноламин; б — триизопропаноламин; в — этанолдиизопропаноламин

Таблица 3
Гранулометрический состав используемого песка

№ п/п	Фракция, мм	Частный остаток, %
1	1,25–2,5	23
2	0,63–1,25	30
3	0,315–0,63	21
4	0,16–0,315	14
5	0,00–0,16	12

Смесь изготавливалась согласно методике ГОСТ 30744, п. 8.2.1. Количество воды затворения подбиралось таким образом, чтобы после 30 встряхиваний расплыв конуса составил 130 ± 5 мм [8]. Далее в смесь вводились исследуемые добавки в количестве 0,025; 0,2; 0,5; 1,0; 2,0 % от массы цемента. После фиксации показателя расплыва конуса.

Исследование влияния аминов на прочность растворной смеси проводилось на стандартных образцах $4 \times 4 \times 16$ см. Образцы изготавливались согласно методике ГОСТ 30744, п. 8.2.2. Полученные образцы испытывались на прочность в возрасте 14, 28, 56 сут [9].

Исследование влияния аминов на уплотняемость жестких растворных смесей выполнялось для дозировок 0,2; 0,5; 1 % от массы цемента. Изготавливалась цементно-песчаная смесь в соотношении цемент/песок 1/3. Количество жидкости затворения подбиралось таким образом, чтобы полученная смесь характеризовалась показателем жесткости 5–10 с. [10]. Далее производилась формовка методом полусухого прессования. Использовалась металлическая пресс-форма и гидравлический пресс. Пресс-форма представляет собой металлический цилиндр с внутренним диаметром 50 мм, рабочей высотой 100 мм. Общий вид пресс-формы и процесса формования представлен на рис. 2. На основании предварительных исследований выбраны значения усилий, прилагаемых к пресс-форме: 10, 15, 20, 25 кН. В качестве

критерия уплотняемости использовалось значение средней плотности полученных образцов-цилиндров. Образцы твердели в течение 28 сут и далее испытывались на прочность при сжатии [11, 12].

Результаты

По результатам определения распыла на встряхивающем столе получены значения, свидетельствующие о небольшом пластифицирующем эффекте при использовании ЭА, ДА в количестве 0,5–1 % от массы цемента. Значения диаметра распыла определялись как среднее значение серии испытаний. Результаты определения представлены в табл. 4.

Результаты определения прочности на сжатие образцов представлены в табл. 5, 6.

По результатам испытания прочности образцов с ДА, ЭА, ТА не выявлено увеличения прочности при сжатии на раннем (табл. 5) и позднем (табл. 6) возрасте по сравнению с контрольными образцами. С повышением дозировки аминов отмечается снижение прочности по сравнению с контрольными образцами на 15–20 %.

Оценка влияния аминов на уплотняемость жесткой смеси выполнялась путем



Рис. 2. Формовка методом полусухого прессования: а — пресс-форма с растворной смесью; б — процесс формования образца

Таблица 4
**Результаты определения диаметра распыла
цементно-песчаной смеси**

Содержание, % от массы цемента	Диаметр распыла, мм			
	Контрольный состав	ДА	ЭА	ТА
0	130	–	–	–
0,025	–	138	135	130
0,2	–	135	130	128
0,5	–	160	155	140
1	–	168	158	130
2	–	140	130	130

определения средней плотности сформованного образца. Результаты определения средней плотности образцов в зависимости от концентрации, вида добавки и усилия формирования представлены в табл. 7, 8.

По результатам испытания прочности образцов 28-суточного возраста не получено увеличение прочности растворов с ДА, ТА, ЭА по сравнению с контрольными образцами. Результаты определения прочности на сжатие образцов представлены в табл. 9, 10.

Таблица 5
Результаты испытаний образцов на прочность при сжатии в возрасте 14 и 28 сут

Содержание, % от массы цемента	Контрольный состав		ДА		ЭА		ТА	
	$R_{сж}^{14}$, МПа	$R_{сж}^{28}$, МПа	$R_{сж}^{14}$, МПа	$R_{сж}^{28}$, МПа	$R_{сж}^{14}$, МПа	$R_{сж}^{28}$, МПа	$R_{сж}^{14}$, МПа	$R_{сж}^{28}$, МПа
0	48,7	53,2	–	–	–	–	–	–
0,025	–	–	48,7	51,4	48,5	50,1	47,7	51,3
0,2	–	–	46,1	50,2	46,7	48,8	44,8	50,3
0,5	–	–	45,7	48,4	44,5	46,6	42,1	47,4
1	–	–	44,9	45,8	42,2	44,3	39,9	45,3
2	–	–	40,8	43,4	40,0	42,1	38,8	43,1

Таблица 6
**Результаты испытаний образцов на прочность
при сжатии в позднем возрасте, $R_{сж}^{56}$, МПа**

Содержание, % от массы цемента	Контрольный состав	ДА	ЭА	ТА
0	55,9	–	–	–
0,025	–	53,5	53,2	52,8
0,2	–	52,2	50,9	51,8
0,5	–	51,9	48,4	50,7
1	–	51,6	45,3	48,9
2	–	50,2	43,7	47,3

Из табл. 7, 8 можно сделать заключение, что при увеличении концентрации аминов не наблюдается закономерного увеличения плотности — эффекта уплотняемости нет на всем диапазоне исследуемых нагрузжений (10, 15, 20, 25 кН).

Результаты, полученные при испытании прочности на сжатие образцов в 28-суточном возрасте (табл. 9, 10), свидетельствуют

Таблица 7
Результаты определения средней плотности образцов, кг/м³

Содержание, % от массы цемента	Контрольный состав		ДА		ЭА		ТА	
	Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании	
	10 кН	15 кН	10 кН	15 кН	10 кН	15 кН	10 кН	15 кН
0	1995	2033	–	–	–	–	–	–
0,2	–	–	1995	2024	1995	2020	1993	2016
0,5	–	–	1992	2025	1995	2020	1993	2022
1	–	–	1995	2020	1995	2020	1994	2021

Таблица 8

Результаты определения средней плотности образцов, кг/м³

Содержание, % от массы цемента	Контрольный состав		ДА		ЭА		ТА	
	Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании	
	20 кН	25 кН	20 кН	25 кН	20 кН	25 кН	20 кН	25 кН
0	205	2077	–	–	–	–	–	–
0,2	–	–	2058	2079	2061	2085	2053	2074
0,5	–	–	2057	2080	2059	2084	2055	2075
1	–	–	2057	2080	2062	208	2058	2075

Таблица 9

Результаты определения прочности образцов, МПа

Содержание, % от массы цемента	Контрольный состав		ДА		ЭА		ТА	
	Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании	
	10 кН	15 кН	10 кН	15 кН	10 кН	15 кН	10 кН	15 кН
0	12,13	12,44	–	–	–	–	–	–
0,2	–	–	12,85	11,32	14,53	12,31	11,45	12,56
0,5	–	–	12,55	11,88	12,33	12,44	12,02	12,66
1	–	–	13,60	12,80	10,50	12,60	11,01	10,33

Таблица 10

Результаты определения прочности образцов, МПа

Содержание, % от массы цемента	Контрольный состав		ДА		ЭА		ТА	
	Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании		Усилие при формовании	
	20 кН	25 кН	20 кН	25 кН	20 кН	25 кН	20 кН	25 кН
0	14,89	13,62	–	–	–	–	–	–
0,2	–	–	13,66	13,36	12,09	9,60	11,08	10,33
0,5	–	–	15,02	14,99	11,91	11,33	10,59	10,01
1	–	–	16,90	16,65	11,60	12,85	9,45	9,22

об отсутствии эффекта упрочнения по сравнению с контрольными образцами.

Заключение

По результатам выполненного исследования добавки ДА, ЭА, ТА не являются эффективным пластификатором для подвижных растворов смесей. Эффекта водоредуцирования также не выявлено [13]. Данная закономерность установлена по результатам лабораторных исследований в диапазоне концентраций добавок 0,025–1 %, что позволяет сделать вывод о нецелесообразности применения данных типов добавок в качестве пла-

стификаторов растворов смесей на основе портландцемента.

Применение модификаторов ДА, ЭА, ТА в исследуемом диапазоне концентраций не приводит к значимому увеличению прочности цементно-песчаных растворов.

Применение изученных модификаторов в качестве пластификатора для жестких смесей нецелесообразно: повышение плотности при применении добавок ЭА, ДА не выявлено, прочностные характеристики также не увеличиваются.

Таким образом, настоящее исследование свидетельствует о низкой эффективности исследуемых добавок в цементно-песчаных растворах [14]. Необходимо продолжить исследование на предмет нахождения рациональной области применения низкомолекулярных аминов в технологии строительных материалов.

Библиографический список

1. Денисов В. В. и др. Общая и неорганическая химия. Ростов н/Д: Феникс, 2013.
2. Ланге К. Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. СПб.: Профессия, 2007. 240 с.
3. Исаев А. В. Исследование свойств пластифицирующей и водоредуцирующей добавок и их влияния на свойства бетонной смеси и бетона. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2016. 33 с.
4. Зоткин А. Г. Бетоны с эффективными добавками. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 160 с.
5. Гурова Е. В. Заполнители для бетона. Омск: СибАДИ, 2016. 32 с.
6. Иванкин А. Н., Олиференко Г. Л., Беляков В. А. Физико-химические методы анализа. Спектрометрия. М.: МГУЛ, 2016. 127 с.
7. Величко Е. Г., Ткач Е. В., Семенов В. С. Строительные материалы и изделия. М.: МИСИ; МГСУ, 2019. 67 с.
8. Хасанишин Р. Р., Илалова Г. Ф., Шамсутдинова А. И. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. 112 с.
9. Баженов Ю. М. Бетонovedение. М.: АСВ, 2015. 144 с.
10. Крамар Л. Я., Трофимов Б. Я., Черных Т. Н. и др. Модификаторы цементных бетонов и растворов. Технические характеристики и механизм действия. Челябинск, 2017. 145 с.
11. Дворкин Л. И. Бетонovedение. В 2 т. Т. 1. Цементный бетон. М.; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. 692 с.
12. Антипина С. А., Митина Н. А. Основы технологии строительных материалов на основе вяжущих веществ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 128 с.
13. Баженов Ю. М., Алимов Л. А., Воронин В. В. Технология бетона, строительных изделий и конструкций. М.: АСВ, 2016. 172 с.
14. Тараканов О. В. Химические добавки в растворы и бетоны: монография. Пенза: ПГУАС, 2016. 156 с.

References

1. Denisov V. V., et al. *Obshchaya i neorganicheskaya khimiya* [General and inorganic chemistry]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2013.
2. Lange K. R. *Poverkhnostno-aktivnye veshchestva: sintez, svoystva, analiz, primeneniye* [Surface-active substances: synthesis, properties, analysis, application]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007, 240 p.
3. Isaev A. V. *Issledovanie svoystv plastifitsiruyushchey i vodoredutsiruyushchey dobavok i ikh vliyaniya na svoystva betonnoy smesi i betona* [Study of properties of plasticizing and water-reducing additives and their influence on properties of concrete mixture and concrete]. Nizhniy Novgorod, NNGASU Publ., 2016, 33 p.
4. Zotkin A. G. *Betony s effektivnymi dobavkami* [Concretes with effective additives]. Moscow, Infra-Inzheneriya Publ., 2014, 160 p.
5. Gurova E. V. *Zapolniteli dlya betona* [Aggregates for concrete]. Omsk, SibADI Publ., 2016, 32 p.
6. Ivankin A. N., Oliferenko G. L., Belyakov V. A. *Fiziko-khimicheskie metody analiza. Spektrometriya* [Physical-chemical methods of analysis. Spectrometry]. Moscow, MGUL Publ., 2016, 127 p.
7. Velichko E. G., Tkach E. V., Semenov V. S. *Stroitel'nye materialy i izdeliya* [Construction materials and products]. Moscow, MISI Publ.; MGSU Publ., 2019, 67 p.
8. Khasanshin R. R., Ilalova G. F., Shamsutdinova A. I. *Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdeliy i konstruktsey* [Technology of concrete, building products and structures]. Kazan, KNITU Publ., 2018, 112 p.
9. Bazhenov Yu. M. *Betonovedenie* [Concrete science]. Moscow, ASV Publ., 2015, 144 p.
10. Kramar L. Ya., Trofimov B. Ya., Chernykh T. N., et al. *Modifikatory tsementnykh betonov i rastvorov. Tekhnicheskie kharakteristiki i mekhanizm deystviya* [Cement concrete and mortar modifiers. Technical characteristics and mechanism of action]. Chelyabinsk, 2017, 145 p.
11. Dvorkin L. I. *Betonovedenie. V 2 t. T. 1. Tsementniy beton* [Concrete science. In 2 vols. Vol. 1. Cement concrete]. Moscow, Vologda, Infra-Inzheneriya Publ., 2021, 692 p.
12. Antipina S. A., Mitina N. A. *Osnovy tekhnologii stroitel'nykh materialov na osnove vyazhushchikh veshchestv* [Foundations of building materials technologies based on cementitious additives]. Tomsk, Tomskiy politekhnicheskii universitet Publ., 2014, 128 p.
13. Bazhenov Yu. M., Alimov L. A., Voronin V. V. *Tekhnologiya betona, stroitel'nykh izdeliy i konstruktsey* [Technology of concrete, building products and structures]. Moscow, Izdatel'stvo ASV Publ., 2016, 172 p.
14. Tarakanov O. V. *Khimicheskie dobavki v rastvory i betony* [Chemical additives in solutions and concretes]. Penza, PGUAS Publ., 2016, 156 p.