

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Н. А. Страхова¹, Б. Б. Утегенов², Н. А. Белова³, Л. П. Кортovenko²

¹*Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, г. Новороссийск, Россия*

²*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия*

³*НОЧУ ВО МФПУ «Синергия», г. Астрахань, Россия*

Рассмотрено создание эффективных строительных материалов специального назначения с заданными свойствами. Изучено влияние добавок предельного, неопределенного и ароматического рядов на структуру, механические свойства и долговечность серного вяжущего. Предложены принципиально новые технологии производства серного вяжущего, в основе которых используется химическое взаимодействие серы с модификатором в аппарате вихревого слоя, что позволяет получать строительные серобетонные конструкции, обладающие всеми необходимыми свойствами в условиях жесткой строительной конкуренции. Изготовленный на основе серного цемента бетон отличается от обычного тем, что обладает более высокой прочностью, морозоустойчивостью, устойчивостью в агрессивных средах, быстрым набором прочности, термопластичностью, возможностью формовки при отрицательных температурах и меньшей себестоимостью. Использование новой технологии модификации газовой серы в аппарате с вихревым слоем представляет значительный шаг в области получения новых материалов, в том числе и специального назначения.

Ключевые слова: нанотехнологии, экономичные, качественные строительные конструкции, модификаторы, новые материалы специального назначения.

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIAL FOR CONSTRUCTION STRUCTURES.

N. A. Strakhova¹, B. B. Utegenov², N. A. Belova³, L. P. Kortovenko²

¹*State Maritime University named after Admiral F.F. Ushakova, Novorossiysk, Russia*

²*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia*

³*Moscow Financial and Industrial University "Synergy", Astrakhan, Russia*

Creation of efficient construction materials of special purpose with specified properties is considered. The influence of additives of limit, non-organic and aromatic rows on structure, mechanical properties and durability of sulphur binder has been studied. Fundamentally new technologies of production of sulphur binder are proposed, which are based on chemical interaction of sulphur with modifier in apparatus of vortex layer, which makes it possible to obtain construction serobetone structures with all necessary properties in conditions of rigid construction competition. The sulfuric concrete made on the basis of sulfuric cement favourably differs from usual concrete in what has higher durability, frost resistance, stability in hostile environment, a fast set of durability, thermoplasticity, a possibility of molding at negative temperatures and smaller prime cost. The use of new gas sulphur modification technology in a vortex bed apparatus represents a significant step in the production of new materials, including special applications.

Keywords: nanotechnologies, economical, high-quality construction structures, modifiers, new materials of special purpose.

Безопасное обращение с радиоактивными отходами (РАО) является одним из национальных стратегических приоритетов России. В 2011 году вступил в силу Федеральный закон от 11.07.2011 г. № 190-Ф об обращении с радиоактивными отходами, в рамках которого создана Единая государственная система обращения и переработки РАО – Национальный оператор. В обязанности этой системы входит создание пунктов и технологий захоронения всех видов РАО, а также их возможная переработка.

В настоящее время на предприятиях атомной промышленности России в пунктах хранения более 500 млн м³ жидких радиоактивных отходов (ЖРО) суммарной активностью Бк. По оценкам предприятий 465 млн м³ ЖРО (90,3 %) сосредоточены в 97 пунктах приповерхностного хранения, не изолированных от окружающей среды [1]. В связи с этим приобрело актуальность решение задач по обеспечению экологической безопасности сооружений подземного захоронения и консервации радиоактивных отходов путем создания эффективных строительных материалов специального назначения с заданными свойствами.

Наиболее эффективными материалами, получившими широкое распространение при строительстве атомной энергетики и промыш-

ленности, являются мастики, растворы и бетоны. Из традиционных особо тяжелых бетонов наиболее часто применяется баритовый бетон. Исследованиями, проведенными В.Б. Дубровским с сотрудниками и другими исследователями, показано, что повышенной радиационной стойкостью обладают литые бетоны и растворы с повышенным расходом цемента и ограниченной крупностью заполнителя. Признано, что сверхтяжелые серобетоны наиболее эффективны для защиты от радиации [2].

Создание высокоэффективных конструкций и изделий специального назначения обусловлено замещением традиционного вяжущего цемента модифицированной серой, за счет чего строительные конструкции и изделия приобретают высокую прочность, химическую стойкость, низкую себестоимость.

Принципиально новые технологии производства серного вяжущего, в основе которых используется химическое взаимодействие серы с модификатором в аппарате вихревого слоя [3, 4], позволяют получать строительные серобетонные конструкции [5], обладающие всеми необходимыми свойствами в условиях жесткой строительной конкуренции.

Процесс производства серного вяжущего включает следующие стадии:

- получение модифицирующей добавки (модификатора);
- введение модификатора в поток жидкой серы с целью получения модифицированной (сополимерной) серы;
- грануляцию сополимерной серы (серного вяжущего).

Исходным сырьем для получения модификатора являются тяжелые нефтяные остатки – мазуты (ГОСТ 10585–75) первичной перегонки стабильного газоконденсата Астраханского газоконденсатного месторождения (АГКМ). Жидкая сера поступает со склада АГПЗ (Астраханского газоперерабатывающего завода).

Мощность производства по серному вяжущему – 50 тыс. т/год.

Процесс осуществляется на опытно-промышленной установке с аппаратом вихревого слоя (АВС) типа В150 К–01. Полученные образцы модифицирующей добавки используются для получения серного цемента. Образцы модификатора испытывались во ВПИИГАЗе и Казанском государственном химико-технологическом университете, а образцы серного бетона, приготовленные с использованием данного модификатора – в НИИЖБ г. Москвы.

Для получения сополимерной серы имеется несколько способов. Наиболее известный способ заключается в химическом взаимодействии серы (ГОСТ 127–93) с дициклопентадиеном (ДЦПД). Реакция полимеризации происходит при перемешивании серы и модификатора в интервале температур 130–149,5 °С в течение 30–40 минут. На его основе получают прочный серобетон. Недостатком известного способа является длительность процесса, высокая токсичность и пожароопасность ДЦПД (Предельно допустимая концентрация ДЦПД в воздухе рабочей зоны составляет 1 мг/м).

Известен способ получения сополимерной серы, где в качестве модификатора используется олефиновый углеводородный полимерный материал, полученный из нефти. Способ заключается в перемешивании серы с химическим модификатором при температуре 140–150 °С в течение 15–40 минут. В полученный концентрат вводят стабилизатор в количестве до 10 % от массы серы. Для повышения огнестойкости серного цемента вводят добавки, например, циклодекатриена или продукт реакции дифеноксифосфиновой кислоты с серой и метилстиролом. Недостатком данного способа является (длительность процесса до 3–4 часов), что необходимо для повышения стабильности серного цемента. Кроме того, можно отметить сложность дозирования химических веществ, а также соблюдения температурного режима, поскольку передозировка добавок или перегрев реактора выше 150 °С приводит к экзотермической реак-

ции, что в свою очередь приводит к усиленному образованию и выделению сероводорода, вспениванию смеси и ухудшению качества продукта.

Технический уровень предлагаемой технологии производства серного цемента обеспечивает получение продукта с содержанием сополимерной серы до 10 % по методике ВНИИГАЗа г. Москвы. Содержание сополимерной серы в вяжущем, полученном при совместной обработке серы с модификатором в аппарате В150 К–01, в зависимости от количества и качества вводимого модификатора и условий обработки составляет 8–10 % (по данным ВПИИГАЗ). Такое содержание сополимерной серы в вяжущем является достаточным для получения высококачественных серных бетонов [6].

Гранулированный серный цемент, получаемый на ОПУ, предполагается использовать для:

- изготовления опытных изделий из серобетона;
- в качестве товарного продукта потребителям.

В качестве типового образца серы принята жидкая сера техническая газовая, получаемая на установках Клаус Астраханского газоперерабатывающего завода. Характеристика газовой серы приведена в таблице 1.

Таблица 1

Показатели качества газовой серы

Наименование показателя	Величина показателя
Массовая доля серы, % масс.	99,9
Плотность при 20 °С, кг/м ³ (сера моноклинная)	1,96
Температура плавления, °С (сера моноклинная)	119,3
Вязкость при 120 °С, мм /с	12,0
Содержание сероводорода, и полисульфидов водорода, % масс.	0,001
Температура кипения, °С	440,6
Плотность жидкой серы, кг/м ³ при 125 °С	1,799
140 °С	1,787
Массовая доля золы, % масс.	
зола	0,02
органических веществ	0,06
воды	0,01
механических загрязнений	отс.

В качестве исходного сырья для получения модифицирующей добавки сополимерной серы использован мазут (ГОСТ 10585–75) Астраханского газоперерабатывающего завода. Характеристика мазута приведена в таблице 2.

Характеристика мазута, прошедшего электромагнитную обработку в АВС при 140 °С, приведена в таблице 3. Как видно из приведенных данных, модифицированный мазут, прошедший температурную обработку в АВС при 140 °С в течение 10 с в присутствии серы в количестве 3 % масс., отличается от исходного мазута более тяжелым фракционным составом

[7]. Характеристика модифицированного мазута приведена в таблице 3.

Таблица 4

Таблица 2

Показатели качества мазута	
Показатели качества мазута	Величина показателя
Плотность при 20 °С, кг/м ³	935,0
Вязкость условная, ВУ при 100 °С	10,0
Температура, °С	
вспышки в открытом тигле	110,0
вспышки в закрытом тигле	90,0
застывания	31,0
Содержание, масс. %	
серы	3,18
воды	отс.
водорастворимых кислот и щелочей	отс.
Зольность, %	0,10
Коксуемость, %	0,8
Компонентный состав, углеводороды, масс. %	
парафино-нафтеновые	37,8
ароматические	32,0
смолы	27,8
асфальтены	2,4
Фракционный состав, °С	
н.к.	239
10 %	345
20 %	362
50 %	432
к.к. (88 % об.)	505
Йодное число, г I ₂ /100 мг	0,74

Таблица 3

Показатели качества модифицированного мазута	
Наименование показателя	Величина показателя
Плотность при 20° С, кг/м ³	945,0
Вязкость условная, ВУ при 80 °С	8,7
Температура, °С	
вспышки в открытом тигле	165,0
застывания	23,0
Содержание, масс. %	
серы	4,0
воды	0,15
Фракционный состав, °С	
н.к.	260
10%	342
20%	384
50%	432
к.к. (88% об.)	592
Йодное число, г I ₂ /100мг	1,5

Характеристика сополимерной модифицированной серы приведена в таблице 4.

Создание и аппарате вихревого слоя, магнитного поля с одновременным вращением ферромагнитных стержней производит активацию мазута и серы. Возрастание йодного числа при обработке мазута в аппарате АВС при высоких температурах и времени реакции говорит о возрастании количества двойных связей.

Получение модификатора и сополимерной серы происходит в аппаратах с вихревым слоем непрерывного действия.

Техническая характеристика сополимерной модифицированной серы

Наименование показателя	Величина показателя образца
Массовая доля серы, не менее, %	95,0
Массовая доля не растворимой серы (в гексане), не менее, %	30
Массовая доля не растворимой серы (в толуоле), не менее, %	8
Массовая доля сероводорода, не более, %	Следы
Гарантийный срок хранения	Год

В технологическом процессе производства серного вяжущего предусмотрена грануляция сополимерной серы, что позволит улучшить ее товарный вид, а также санитарно - гигиенические условия труда (снижение запыления), исключить возможность накопления электростатического заряда при хранении продукции, сыпучесть продукта при технологических процессах изготовления серных бетонных конструкций.

Производство модификатора и сополимерной серы осуществляется в аппаратах с вихревым слоем непрерывного действия.

Принципиальная схема производства сополимерной серы приведена рисунке 1.

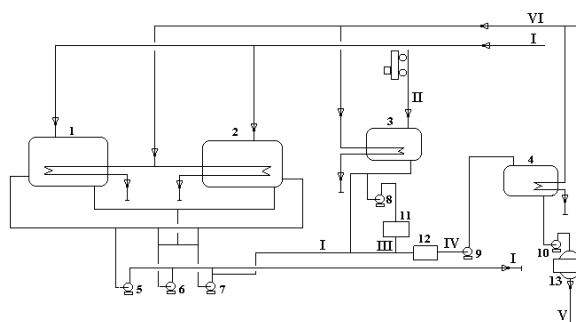


Рис. 1. Принципиальная схема производства серного цемента» 1, 2 – емкости серы, 3 – емкость мазута, 4 – емкость серного цемента, 5, 6, 7 – насосы серы, 8 – насос мазута, 9, 10 – насосы серного цемента, 11, 12 – аппараты с вихревым слоем, 13 – кристаллизатор. I – жидкая сера, II – мазут, III – модификатор, IV – серный цемент, V – гранулированный серный цемент, VI – водяной пар.

Специально оборудованными автомашинами мазут подается в обогреваемую емкость (3), температура в которой поддерживается в пределах 140–150 °С. Приготовление модификатора осуществляется следующим образом: мазут из емкости (3) через расходомер, забирается дозировочным плунжерным насосом (8) и под давлением 4,4 кг/см² направляется по обогреваемому трубопроводу в аппарат с вихревым слоем (11). В приемную линию этого же насоса (8), через расходомер подается жидкая сера с температурой 140 °С (0,01 м³/ч). Смесь подается в аппарат с вихревым слоем (11), где происходит обработка ее электромагнитным полем переменного

напряжения и мазут приобретает другое качество. Полученный модификатор подается в обогреваемый трубопровод жидкой серы, где смешивается с частью жидкой серы. Смесь в виде однородного раствора подается в АВС (12), где при температуре 150–160 °С под воздействием электромагнитного поля и интенсивного перемешивания происходит образование сополимерной серы. Насосом (9) серное вяжущее подается в обогреваемый трубопровод и затем в емкость (4), где оно собирается и затем поступает в кристаллизатор на грануляцию. Для обогрева сырьевой емкости мазута (3) и емкости для серного вяжущего (4), трубопровода модификатора используется водяной пар. Трубопроводы и аппараты серного вяжущего должны быть с электрообогревом. Все аппараты и трубопроводы полностью теплоизолируются.

Условия проведения процесса производства модифицирующей добавки и сополимерной серы приводятся в таблице 5.

Таблица 5

Параметры процесса производства сополимерной серы

Наименование оборудования	Значение параметра
Емкость сырьевая, 1,2 температура, °С	150–160
уровень, %	40–60
Аппарат с вихревым слоем, 11 температура сырья на входе, °С	140–150
температура в зоне реакции, °С	150–170
температура на выходе, °С	160–179
расход сырья, м ³ /час,	0,19
в том числе по мазуту	0,18
и по сере	0,0054–0,01
Аппарат с вихревым слоем, 12 температура сырья на входе, °С	140–150
температура в зоне реакции, °С	150–170
температура на выходе, °С	160–179
расход сырья, м ³ /час,	3,79
в том числе по сере	3,60
и модификатору	0,19
Емкость сополимерной серы, 4 температура, °С	130–140
уровень, %	40–60

Изготовленный на основе серного цемента серный бетон [8] выгодно отличается от обычного бетона тем, что обладает более высокой прочностью, морозостойкостью, устойчивостью в агрессивных средах, быстрым набором прочности, термопластичностью, возможностью формовки при отрицательных температурах и меньшей себестоимостью.

Материальный баланс производства серного вяжущего приведен в таблице 6.

При производстве серного бетона в качестве наполнителей возможно использование отсевов дробления горных и осадочных пород Волжского региона.

Способ получения модификатора и серного вяжущего можно отнести к энергосберегающим технологиям, поскольку использование аппарата

с вихревым слоем позволяет сократить продолжительность процесса получения серного вяжущего в 10 раз. Применение в качестве исходного сырья для получения модификатора сополимерной серы мазута АГПЗ приводит к значительному удешевлению серного вяжущего и упрощению технологии его производства. Предлагаемый модификатор является малотоксичным.

Таблица 6

Материальный баланс производства серного вяжущего

Номер потока	I	II	III	IV
Расход, кг/час	9500	500	500	10000
Температура, °С	140	150	140	160
Давление, МПа	1,6	1,6	1,6	1,6
Состав, % масс.				
сера	100	0	0	95
мазут	0	100	100	5

Технические характеристики кристаллизатора марки ВКГ 1600–10 и аппарата вихревого слоя (АВС) типа В150К–01 приведены в таблице 7.

Таблица 7

Технические характеристики кристаллизатора марки ВКГ 1600-10 и аппарата вихревого слоя (АВС) типа В150К-01

Параметры	Значения
Кристаллизатор марки ВКГ 1600-10	
Диаметр вальца, мм	1600
Поверхность кристаллизации, м ²	10
Поверхность теплообмена, м ²	9,85
Производительность, кг/час	до 10000
Рабочее давление внутри барабана, МПа	0,1
Температура продукта, °С	30–180
Габаритные размеры, L×B×H, мм	5420×2650×2110
Масса, кг	10770
Частота вращения вальца, об/мин	9,0
Мощность привода, кВт	11,0
Аппарат вихревого слоя типа В150К-01	
Производительность, кг/час	До 10000
Внутренний диаметр индуктора, мм	180
Номинальное напряжение, В	380
Частота, Гц	50
Температура в рабочей зоне, не более °С	230
Потребляемая мощность, активная	18,5
полная	18,7

Как известно, серный цемент широко рекламируется и предлагается для продажи на мировом рынке. Но, до настоящего времени в России в промышленных масштабах сополимерная сера для изготовления бетонных конструкций не производится.

Таким образом, использование новой технологии модификации газовой серы в аппарате с вихревым слоем представляет значительный шаг в области получения новых материалов, в том числе и специального назначения.

Список литературы

1. Кузнецов В.М. Ядерная опасность. М. «ЭПИцентр», 2003. – 462с.
2. Королев Е. В. Серные композиционные материалы специального назначения. Автореф. дисс. на соискание ученой степени д. т. н. - 05.23.05. Пенза, 2005.- 44с.
3. Середин Б.Н., Страхова Н.А., Эльмурзаев А.А., Кортювенко Л.П. Производство и использование модифицированной серы в композиционных материалах. Вестник Волгоградского государственного архитектурно - строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып.45(64). С. 67-75
4. Страхова Н.А., Утегенов Б.Б., Середин Б.Н., Белова Н.А., Кокарев А.М., Кортювенко Л.П. Подбор вяжущего для композиционного строительного материала. Материалы VII Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников «Потенциал интеллектуально одаренной молодежи-развитию науки и образования» г. Астрахань, 7-8 мая 2018. С.55-57
5. Кокарев А.М., Утегенов Б.Б., Середин Б.Н., Страхова Н.А., Кортювенко Л.П. Композиционный материал для строительных конструкций. Материалы VI Международного научного форума молодых ученых, студентов и школьников. Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования. г. Астрахань. 25-28 апреля. 2017. С.478-481
6. Середин Б.Н., Кортювенко Л.П., Страхова Н.А. Использование нанотехнологий в производстве серобетона. Материалы VI Международной научно-практической конференции (в рамках праздничных мероприятий, посвященных 20-летию АИСИ). «Перспективы развития строительного комплекса». Том 1. Астрахань. 22-26 октября 2012. С.17-18
7. Середин Б.Н., Страхова Н.А. Интенсификация технологических процессов в производстве бетонов. Научный потенциал регионов на службу модернизации. Межвузовский сборник научных статей. Астраханский инженерно-строительный институт.- Астрахань. 2013. №3(6).-Т.2. С.15-18
8. Страхова Н.А., Утегенов Б.Б., Середин Б.Н., Кокарев А.М., Кортювенко Л.П. Модификаторы для композиционного строительного материала. Материалы XII Международной научно-практической конференции «Перспективы развития строительного комплекса: образование, наука, бизнес», г. Астрахань, 10–11 октября 2018 г. С. 89-95.

© Н. А. Страхова, Б. Б. Утегенов, Н. А. Белова, Л. П. Кортювенко

Ссылка для цитирования:

Н. А. Страхова, Б. Б. Утегенов, Н. А. Белова, Л. П. Кортювенко. Композиционные материалы специального назначения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 12–16.

УДК 69.053

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФОРМ БАШЕН В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ И МЕТОДИКА ВЫРАВНИВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ИХ УСИЛЕНИЕМ

Т. В. Золина, В. Д. Башмачников

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

К объектам башенного типа относят силосные башни, ректификационные колонны, вентиляционные и дымовые трубы, грануляционные башни, градирни, копры над стволами шахт, водонапорные башни, радиотелевизионные антенные опоры и др. Башни по высоте делятся на высокие (250–400 м), средней высоты (150–250 м) и невысокие (до 150 м). Под контролем пространственного положения сооружений башенного типа подразумевается определение абсолютной величины их уклона и его направления, приращение уклона и изменение его направления, скручивание сооружения и др. Подобные деформации обычно оказывают дополнительный момент, вследствие которого может произойти потеря устойчивости сооружения. Поэтому в процессе изготовления и установки приёмки заказчиком построенного сооружения и особенно последующей его эксплуатации обязан производиться геодезический контроль пространственного положения сооружений. Цель геодезических наблюдений – получить численные данные вертикальности, осадки, характеризующие абсолютные величины деформаций для осуществления мероприятий по предотвращению возможных разрушений. Проблема выбора и обоснования экономически выгодных способов получения наиболее большого количества информации о положении в пространстве конструкций всегда являлась одной из основных, неразрывно связанных с новейшими достижениями науки и техники.

Ключевые слова: башни, вертикальность, опоры, геодезические измерения, усиление.

MAIN PROBLEMS OF DETERMINING SPATIAL FORMS OF TOWERS UNDER CONSTRAINED CONDITIONS AND METHOD OF ALIGNING STRUCTURES WITH FOLLOWING THEM

T. V. Zolina, V. D. Bashmachnikov

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

Tower-type structures include: chimneys and ventilation pipes, cooling towers, distillation columns, granulation towers, copra over mine shafts, water towers, radio-television antenna supports, silos, etc. These structures are divided into high (250-400 m), medium height (150–250 m) and low (up to 150 m). Under the control of the spatial position of tower-type structures, it is meant to determine the absolute value of their bank and its direction, the bank increment and change in its direction, twisting of the structure, etc. Such deformations cause an additional moment, which can lead to loss of stability of the structure. Therefore, during the construction process, acceptance by the customer of the erected structure, and especially its subsequent operation, geodetic control of the spatial position of this structure should be carried out. The purpose of geodetic observations is to obtain numerical data characterizing the absolute values of deformations for the implementation of measures to prevent possible damage. Therefore, the problem of choosing and justifying rational methods for obtaining maximum information about the spatial position of tower-type structures has always been a completely timely and urgent task, inextricably linked with the latest achievements of science and technology.

Keywords: towers, verticality, supports, geodetic measurements, amplification.