

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-118-130

Загороднюк Л.Х., Богданов В.Н., Кикалишвили Е.Н., Газиев Х.Х., *Сумской Д.А.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

*E-mail: pr9nik2011@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ АДСОРБИРУЮЩЕГО ГИГИЕНИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

Аннотация. Приведены результаты исследований по изучению процесса смешения по разработке основного базового состава адсорбирующего гигиенического средства для содержания животных и птиц в соответствии с санитарными нормами. Исследована возможность применения роторно-шаровой мельницы, как наиболее эффективного аппарата для помола и смешения и турбулентного смесителя, обеспечивающего высокую однородность при смешении основных ингредиентов смесей. В результате исследования процессов смешения основных ингредиентов при приготовлении адсорбирующего гигиенического средства в различных смесительных агрегатах получен эффективный базовый состав адсорбирующего гигиенического средства, включающий компоненты мел М-5, аттапульгит и синтетический аморфный диоксид кремния, полученный смешением в турбулентном смесителе и соответствующий требуемой удельной поверхности $12000 \text{ см}^2/\text{г}$, которая обеспечит необходимую сорбционную емкость и тем самым обеспечит снижение патогенной микрофлоры в местах содержания сельскохозяйственных животных и птицы. Разработанная базовая основа адсорбирующего гигиенического порошкообразного средства вследствие значительной удельной поверхности обеспечит высокую степень поглощения влаги и создаст требуемый уровень санитарно-гигиенических условий содержания животных и птиц. Создание благоприятного климата для содержания сельскохозяйственных животных и птицы позволит значительно предотвратить размножение бактерий, что повлечёт за собой значительное снижение расхода использования антибиотиков при выращивании сельскохозяйственных животных, снизит уровень неприятных запахов, обеспечит сухую окружающую среду для содержания животных и птиц.

Ключевые слова: смешение, турбулентный смеситель, роторно-шаровая мельница, мел, адсорбирующее гигиеническое средство, аттапульгит, синтетический аморфный диоксид кремния, удельная поверхность.

Введение. Важным условием при получении любого материала различного назначения является степень его однородности. Поэтому ответственным технологическим решением при создании целевых материалов является выбор смесительного оборудования и подбор его технологических режимов.

При подборе смесительного агрегата или способа смешения необходимо обеспечить:

– необходимую степень смешения (степень равномерного распределения) компонентов двух и более веществ после окончания процесса смешения;

– интенсивность процесса смешения, которая определяется продолжительностью времени, когда будет достигнут требуемый результат за минимальное время смешения, с наименьшими затратами энергетических ресурсов.

Возможности получения микро- и нанодисперсных материалов и понимание процессов тонкого диспергирования и механической активации значительно изменились с появлением высокоэнергетичных измельчающих устройств, открывающая новые перспективные направления в индустрии измельчения и помола материалов самого различного назначения.

При механическом воздействии на твердые материалы наряду с дроблением происходит измельчение с увеличением их удельной поверхности, при этом происходит активизация поверхности, что приводит к увеличению химической, магнитной и электрофизической активности [1]. Положительным фактором образующихся высокодисперсных материалов является их способность к самоорганизации в самые разнообразные сложные структуры с разными функциональными свойствами, а также отмечается их способность порождать подобные себе структуры, так называемые «эффекты саморепликации». В результате протекания процессов механической активации возникают новые химические соединения и формируется объемная структура с прогнозируемыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами [2].

Подбор смесителя осуществляется исходя из поставленных технологических задач и требований к определенному процессу (например, количество одновременно смешиваемых компонентов, необходимая степень смешения и т.д.) и свойствам смешиваемого материала (например, гранулометрического состава, формы частиц, абразивности ингредиентов и т.д.). Заключитель-

ный выбор смесительного агрегата для технологического процесса должен объединить эти факторы с затратами на эксплуатационные расходы и затратами на покупку, чтобы прийти к рациональному технико-экономическому решению [3–7].

Смешение сырьевых смесей может производиться двумя способами: периодически или непрерывно. При периодическом смешении все ингредиенты загружаются в смеситель и перемешиваются в течение определенного времени, пока смесь не достигнет однородной консистенции, затем выгружается. Критериями параметрами таких смесителей принимаются: продолжительность времени смешения, объем, размер, форма смесителя, условия эксплуатации и т.д. Количество смешиваемых ингредиентов может варьироваться в любом диапазоне, однако, в отличие от непрерывного перемешивания, необходимо следить за тем, чтобы загрузка смесителя осуществлялась в установленном режиме [2, 8].

Для тонкого и высокодисперсного измельчения сырьевых материалов применяется разнообразное оборудование: барабанные шаровые мельницы, планетарные мельницы, роliko-кольцевые маятниковые мельницы, струйные мельницы, роторно-шаровые, дезинтеграторы и многие другие. Несмотря на значительное многообразие помольных аппаратов, все варианты воздействия на измельчаемый материал условно разделяются на основные четыре вида: раздавливание, удар, истирание, раскалывание и их комбинаций [9]. Во время процесса помола одновременно протекают и процессы смешения, в зависимости от типа агрегата процессы смешения имеют свои особенности.

Определенный интерес представляют смесители с неподвижной смесительной камерой (лопастной, червячный, ленточный и т.д.), в которой материал смешивается посредством механического устройства [10]. В таких смесителях целесообразно смешение компонентов с близкими физико-механическими характеристиками, при этом можно получить качественные гомогенные смеси, исключение составляют железосодержащие компоненты, вследствие сегрегации частиц в некоторых зонах смесительной камеры. Особенностью смесителей этого типа является преобладание процесса диффузионного смешивания [11, 12]. Увеличение объемов смесителей этого типа вдвое ведет к увеличению мощности привода [6], а наличие вращающегося перемешивающего устройства внутри смесительной камеры усложняет конструкцию. Основным достоинством этих смесителей является достижение высокой гомогенности смесей до 85 % [13].

Специфика барабанных шаровых мельниц заключается в загрузке их мелющими шарами до 35–40 % по объему камеры, где в результате совместного соударения шаров и крупных кусков, а также взаимного истирания частиц происходит помол материала с получением высокодисперсных продуктов при относительно небольшой продолжительности помола [14, 15]. Особенности конструкции планетарных мельниц, состоящих из нескольких барабанов, установленных на одном валу, позволяют мелющим телам приобретать сложное движение при значительных ускорениях, что обуславливает интенсивное измельчение материала. Основным достоинством планетарных мельниц является высокая эффективность измельчения [16].

В последние десятилетия для помола широко применяются струйные мельницы, обеспечивая сверхтонкое измельчение материала, сообщаемое струей энергоносителя (воздуха, перегретого пара, инертного газа), подаваемого из сопел со звуковыми или сверхзвуковыми скоростями. Эти мельницы характеризуются высокой энергонапряженностью и высокой эффективностью измельчения [17].

Дезинтеграторы применяются преимущественно для помола мягких, хрупких материалов с малой абразивной способностью. Исходный материал через загрузочную воронку поступает в центральную часть одного из роторов, вращающихся в противоположных направлениях, и попадает между их пальцами. Дезинтеграторы обеспечивают высокое качество смешения [18].

Особого внимания заслуживает смешение сухих сыпучих материалов вибрационным способом. В этом случае смешение обеспечивается вследствие вибрационных импульсов, создающих хаотические столкновения частиц смешиваемого материала и последующее перемещение частиц относительно друг друга. Выбор режимов вибрационных воздействий назначается с учетом характера частиц измельчаемого материала, их размерами, плотностью компонентных частиц смеси, а также геометрическими параметрами камеры смешения [2, 8, 19]. Вибрационные смесители обеспечивают высокую степень однородности сыпучих материалов с одинаковой плотностью.

Пневматические смесители работают по замкнутому циклу, процесс смешения происходит в камере, где происходит конвективное или диффузионное смешение за счет перемешивания отдельных частиц материала в общем объеме, возможно, смешение за счет расслоения измельчаемых частиц, их сегрегации, гравитационных электростатических и инерционных и других сил

[20, 21]. Смешение в смесителях этого типа позволяет смешивать компоненты смесей с разной плотностью при обеспечении высокой гомогенности.

Для получения высокодисперсных смесей и нанопорошков перспективными являются роторно-шаровые мельницы, обладающие эффектом механохимической активации [22]. Использование этих мельниц позволяет получить высокодисперсные активные порошки с требуемыми фракциями и консистенциями. Роторно-шаровые мельницы часто используются в различных отраслях, включая горнодобывающую промышленность, химическое производство и производство строительных материалов.

Особый интерес при приготовлении высокодисперсных смесей представляют турбулентные смесители, которые в последние годы широко используются в производстве строительных материалов [23]. Достоинствами турбулентных смесителей являются простота конструкции, высокая производительность, связанная с быстрым приготовлением смеси, так, время смешения занимает от 15 до 40 секунд при обеспечении высокого качества получаемого материала за счет смешения, происходящего в 3-х плоскостных движениях [24–28].

На основании проведенного анализа современных агрегатов для высокодисперсного помола и смешения компонентов сухих смесей и имеющихся у заказчика роторно-шаровой мельницы и турбулентного смесителя были проведены исследования по получению гигиенического адсорбирующего средства.

Методология. Базовые составы гигиенического адсорбирующего средства высокой удельной поверхности получали в различных механических агрегатах. Определение удельной поверхности осуществляли на приборе ПСХ-10а, принцип действия которого основан на методе газопроницаемости Козени и Кармана.

Материалы и оборудование. В качестве сырьевых материалов при проведении испытаний использовали две марки мела: МТД-2 (ТУ 5743-020-05346453-2008) и М-5 (ТУ 5743-020-05346453-2008) производства ОАО «Шебекинский меловой завод», которые производятся из высококачественного сырья, добываемого на собственном карьере; по химическому составу они относятся к категории высококачественного мела. Химический состав и физико-химические показатели применяемого мела приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели мела МТД-2 и М-5

№ п/п	Физико-химические показатели	Нормы		Фактические	
		МТД-2	М-5	МТД-2	М-5
1	Массовая доля углекислого кальция и углекислого магния в пересчете на углекислый кальций, %, не менее	96,5	98,0	97,0	98,2
2	Массовая доля веществ, нерастворимых в соляной кислоте, %, не более	2,0	1,3	1,23	1,07
3	Массовая доля полуторных оксидов железа и алюминия, %, не более	–	0,4	–	0,35
4	Массовая доля оксида железа (III), % не более	0,25	0,15	0,11	0,09-
5	Массовая доля марганца, % не более	–	0,015	–	0,005
6	Массовая доля меди, %, не более	–	0,001	–	0,000 01
7	Массовая доля влаги, %, не более	0,3	0,20	0,18	0,17
8	Массовая доля водорастворимых веществ, %, не более	0,25	–	0,07	–
9	Суммарная удельная эффективность радионуклидов, БН/кг, не более	370	370	10	10
10	Массовая доля песка, %, не более	–	0,015	–	0,008
11	Коэффициент отражения, %, не менее	85	90	85,4	90
12	Остаток на сите с сеткой №0,045, %, не более	0,8	0,5	0,2	0,20

В качестве адсорбента при приготовлении гигиенического адсорбирующего средства использовался аттапульгит - глинопорошок марки ППБ (ТУ 08.12.22-013-04002160-2019) производства ЗАО «Керамзит». Основные показатели качества продукта приведены в таблице 2.

Для создания высокой удельной поверхности разрабатываемым базовым

составам использовали оксид кремния и синтетический аморфный диоксид кремния.

Оксид кремния (IV)- безводная кремневая кислота (SiO) с молекулярной массой - 60,08, представляющий собой белый кристаллический порошок со сростками кристаллов различной формы и размеров, нерастворимый в азотной, серной и соляной кислотах, растворим во

фтористо-водородной кислоте и в растворах щелочей. Физико-химические показатели оксида кремния (IV) соответствуют нормативным показателям (табл. 3).

Синтетический аморфный диоксид кремния представляет собой белый сыпучий порошок, основные технические характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 2

Основные показатели качества аттапульгита

№ п/п	Наименование показателя	Норма	Фактическое значение
1	Выход глинистого раствора, не менее	16	16,2
2	Массовая доля влаги, %, от и до	16,0-25,0	19,5
3	Показатель седиментации, % не более	1,0	0
4	Содержание хлорорганических соединений, (ХОС), %	Не допускается	Не обнаружено

Таблица 3

Физико-химические характеристики оксида кремния

Наименование показателя	Норма	
	Чистый для анализа(ч.д.а.) ОКП 26 1122 0042 00	Чистый(ч.д.а.) ОКП 26 1122 0041 01
1. Массовая доля оксида кремния (IV) (SiO ₂), %, не менее	98	96
2. Массовая доля нелетучих с фтористо-водородной кислотой веществ, %, не более	0,2	0,5
3. Массовая доля потерь при прокаливании, %, не более	1,5	3,0
4. Массовая доля нитратов (NO ₃ ⁻), %, не более	0,002	0,005
5. Массовая доля сульфатов (SO ₄ ²⁻), %, не более	0,015	Не нормируются
6. Массовая доля хлоридов (Cl ⁻), %, не более	0,001	0,005
7. Массовая доля железа (Fe), %, не более	0,002	0,005
8. Массовая доля тяжелых металлов (Pb), %, не более	0,003	0,007
9. Удельная поверхность, см ² /г	60000	

Таблица 4

Основные технические характеристики синтетического аморфного диоксида кремния

Свойства	Единицы	Показатели
Потеря при сушке (при 105 °С, 2 часа)	% макс	6
Потери при прокаливании (при 1000°С, 2 часа на безводной основе)	%	–
pH (в 20 % водном растворе)	–	6,0–7,0
Средний размер частиц, (D50)	%	5,5–7,5
SiO ₂ на безводной основе	%, мин	98
% остатка на сетке 325(мокрый рассев)	ррм, макс	0,05
Удельная поверхность	см ² /г	170000
Общее содержание тяжелых металлов (по Pb)	%/мин	15
Взаимодействие с водой	–	гидрофильный
Содержание углерода	%	4,5–7,0

Синтетический аморфный оксид кремния легко вводится в создаваемые порошки, обеспечивая их высокую диспергируемость смесям, препятствуя оседанию и слеживанию при хранении и транспортировании.

При приготовлении базовых составов адсорбирующего гигиенического средства в работе использовали различные агрегаты, лабораторную роторно-шаровую мельницу РШМ-60-7 и лабо-

раторный турбулентный смеситель С 2.0 (производитель «Вибротехник») для получения гомогенной смеси.

Роторно-шаровая мельница с принудительным охлаждением РШМ-60-7 предназначена для измельчения мелкодисперсных материалов до высокой удельной поверхности. РШМ-60-7 представляет собой конструкцию из рамы, жестко установленной на неповоротной рабочей камере в виде цилиндрической двухконтурной емкости,

электродвигателя, регулятора скорости вращения, стальных шаров, рабочего вала с активаторами мелющих тел, рабочего вала, электродвигателя (рис. 1).



Рис. 1. Лабораторная роторно-шаровая мельница

Мелющие тела (стальные шары) приводятся в движение активаторами, расположенными на рабочем валу, которые в свою очередь приводятся в движение при помощи роторов. Загрузка материала производится в движение при помощи роторов. Загрузка материала производится через верхний люк цилиндрической емкости, а разгрузка осуществляется через противопожарный нижний выгрузочный люк. Разрушение частиц осуществляется при соударении, сдвиге и истирании мелющих тел. Для разгрузки и аспирации помольной камеры применяется сжатый воздух. В конструкции РШМ-60-7

предусмотрено принудительное охлаждение рабочей камеры («охлаждающая рубашка»), которое осуществляется в наружном контуре, препятствуя нагреву внутреннего контура в ходе сверхинтенсивного измельчения. Установленная мощность – 6,5 кВт, производительность – до 240 кг/ч, эффективное время измельчения одной загрузки – 15 мин.

Смеситель турбулентный С 2.0 предназначен для смешивания до однородного состояния сухих сыпучих порошков и жидкостей (рис. 2).



Рис. 2. Лабораторный смеситель турбулентный

Система управления частотой питающего напряжения позволяет регулировать частоту вращения чаши, а также время работы смесителя. Технические характеристики приведены в таблице 5.

Таблица 5

Технические характеристики турбулентного смесителя

№ п/п	Параметры, единицы измерения	Значение параметров
1	Полный/полезный объем чаши, л	2,6/1,7
2	Частота вращения чаши, об/мин	10–55
3	Напряжения питания, 50 Гц, В	220
4	Мощность мотор-редуктора, кВт	0,18
5	Габаритные размеры, мм (длина × ширина × высота)	610×525×430
6	Масса, кг	100
7	Материал чаши и крышки	AISI 304
8	Модель пульта управления	Встроенная система управления

Основная часть. Для приготовления адсорбирующего гигиенического средства (АГС) необходимо создать высокодисперсную смесь, назначение которой обеспечить высокие показатели по влагопоглощению конечного продукта, а это требует придания повышенной удельной поверхности создаваемому порошку. Учитывая, что в основную часть состава АГС входит мел (до 70 % и более), который вследствие своего генезиса, обладает высокой поглотительной способностью, представило интерес исследовать процессы смешения сырьевых компонентов в различных механических агрегатах и установить наилучший для технологического процесса.

Для разработки основного базового состава адсорбирующего гигиенического средства (АГС)

и подбора наиболее эффективного оборудования использовали два механических агрегата: роторно-шаровую мельницу, как наиболее эффективного аппарата для помола и смешения и турбулентный смеситель, обеспечивающий высокую однородность при смешении основных ингредиентов средства.

На начальном этапе работы исследовали особенности дополнительного помола мела МТД-2, имеющего начальную удельную поверхность – 5880 см²/г в роторно-шаровой мельнице и в турбулентном смесителе. При помоле мела в указанных агрегатах производили отбор проб через 3, 10 и 17 мин и определяли удельную поверхность на приборе ПСХ-10а. Результаты помола приведены в таблице 6 и рисунке 3.

Таблица 6

Изменение удельной поверхности мела МТД-2 при помоле в роторно-шаровой мельнице и в турбулентном смесителе

№ п/п	Время помола, мин	Удельная поверхность, см ² /г при помоле	
		Роторно-шаровая мельница	Турбулентный смеситель
0	–	5880	5880
1	3	5534	5690
2	10	4472	4746
3	17	3581	3668

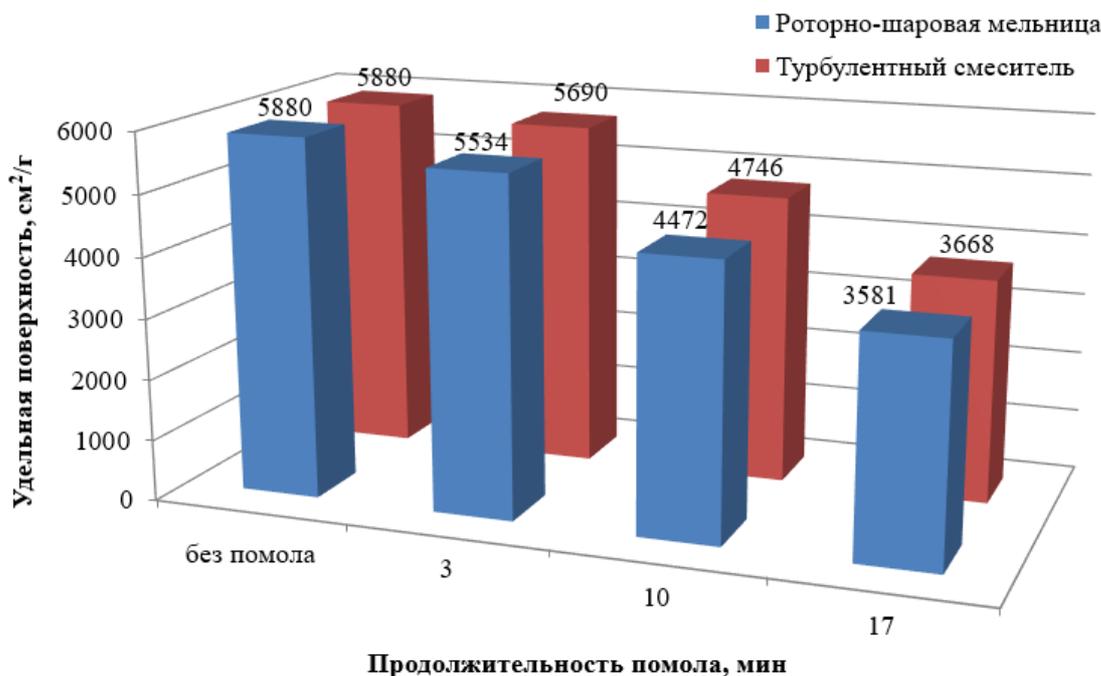


Рис. 3. Изменение удельной поверхности мела МТД-2 при помоле в роторно-шаровой мельнице и в турбулентном смесителе

Анализ полученных результатов свидетельствует, что в рассматриваемых агрегатах с увеличением продолжительности помола мела с 3 до 17 мин наблюдается стабильное понижение удельной поверхности с 5880 см²/г до 3581 см²/г в роторно-шаровой мельнице, что составляет 39 % и до 3668 см²/г в турбулентном смесителе с повышением плотности до 38 %, что обусловлено уплотнением структуры высокодисперсного мела (рис. 3). Кроме того, отмечается, что мел измельчаемый в роторно-шаровой мельнице с увеличением продолжительности помола, изменил цвет с белого до темно-серого, что свидетельствует об увеличении намола и присадки металла от мельницы и шаров.

Установлено, что для приготовления смеси более эффективен турбулентный смеситель, т.к. способствует повышению удельной поверхности, что позволяет рекомендовать для дальнейших исследований.

Из проведенных исследований установлено, что механическая обработка чистого мела МТД-

2 в описанных агрегатах приводит к его уплотнению его структуры и снижению удельной поверхности.

Поскольку цель проведения исследований заключалась в получении высокодисперсного порошка на основе мела, требовалось в состав смеси ввести наполнитель, способствующий увеличению удельной поверхности. В качестве такого наполнителя был применен аттапульгит и были изучены составы, содержащие мел МТД-2 и М-5 (табл. 7).

Анализ кривых изменения удельных поверхностей составов, приготовленных на мелах МТД-2 и М-5 с использованием аттапульгита, свидетельствует об его эффективном влиянии на процессы смешения (рис. 4).

Так, при применении мела МТД-2 в составах (1а) с содержанием 10 % аттапульгита увеличивается удельная поверхность при продолжительности смешения от 3 до 30 мин с 10,5 % до 16,8 %. В составах с содержанием аттапульгита – 20 % (2а) удельная поверхность возрастает от 17,7 % до 26 % при продолжительности смешения с 3 мин до 30 мин. Аттапульгит в составах

(3а) в количестве 30 % при продолжительности смешения повышает удельную поверхность смеси с 15,3 % до 24,3 %. Следует отметить, что увеличение введения количества аттапульгита в

составы с мелом МТД-2 от 10 % до 30 % обеспечивает повышение удельной поверхности с 10,5 % до 26 %.

Таблица 7

Удельные поверхности составов на меле МТД-2 и М-5 с аттапульгитом при смешении в турбулентном смесителе

№ №	Состав, %		Удельная поверхность, см ² /г при времени смешения, мин				№ №	Состав, %		Удельная поверхность, см ² /г при времени смешения, мин			
	МТД-2	атта-пульгит	3	10	17	30		М-5	атта-пульгит	3	10	17	30
0а	100	–	6242	6400	6430	6391	0б	100	–	6389	6624	6811	6712
1а	90	10	6500	6700	6882	6872	1б	90	10	6561	6836	6911	6964
2а	80	20	6922	7100	7216	7413	2б	80	20	6937	7233	7397	7464
3а	70	30	6781	7163	7254	7309	3б	70	30	6742	7100	7353	7387

Использование мела М-5 в составах (1б) с содержанием аттапульгита 10 % показало увеличение удельной поверхности с увеличением времени смешения с 3 мин до 30 мин с 11,6 % до 18,4 %. В составах с содержанием аттапульгита 20 % (2б) наблюдается увеличение удельной поверхности с 18 % до 26,9 %, а при введении 30 % аттапульгита в состав (3б) удельная поверхность

возрастает с 14,6 % и до 26,2 %. Обобщая полученные результаты по применению мела М-5 следует отметить, что использование мела М-5 в композиции с различным расходом аттапульгита и при различной продолжительности смешения обеспечивает получение удельной поверхности в диапазоне от 11,6 % до 26,9 %.

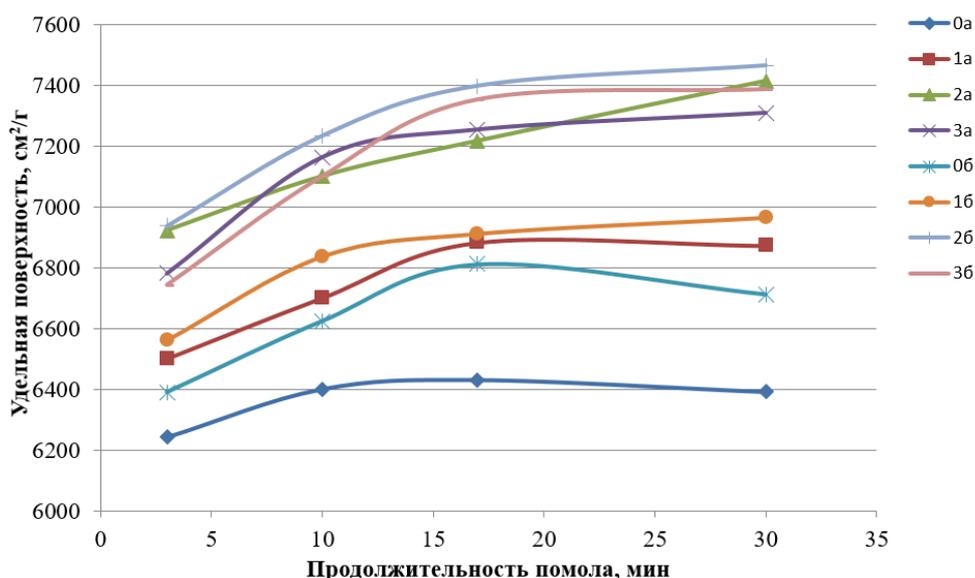


Рис. 4. Изменение удельных поверхностей составов мелом МТД-2 и М-5 с аттапульгитом при приготовлении смесей в турбулентном смесителе

Сравнивая полученные показатели по удельной поверхности смесей, приготовленных на мелах МТД-2 и М-5, можно отметить, что показатели удельных поверхностей смесей с мелом М-5 превосходят показатели с мелом МТД-2 на 7–9 %. Данное обстоятельство позволяет рекомендовать для дальнейшего использования мел М-5.

Проведенными выше исследованиями было установлено, что дозировка аттапульгита в количестве 20 % в составе меловой композиции обес-

печивает при смешении в турбулентном смесителе достаточно высокую удельную поверхность. В связи с этим в последующих экспериментах принимали указанное количество аттапульгита при разработке базового состава. Для дополнительного увеличения удельной поверхности меловых базовых составов в них вводили оксид кремния и синтетический аморфный диоксид кремния (табл. 8).

Установлено, что в составах 1-1 – 1-7 (рис. 5), включающих мел М-5, аттапульгит и синте-

тический аморфный диоксид кремния, при незначительном увеличении дозировки оксида кремния значительно возрастает удельная поверхность разрабатываемых базовых меловых смесей. Так, при введении аттапульгита в количестве 2 % удельная поверхность смесей повышается на 11 %, при введении 3 % – на 17,4 %;

при введении 4 % – на 29,1 %, при 5 % – на 47,8 %; при дозировке 6 % удельная поверхность возрастает на 96,3 %, почти в два раза и при дозировке аттапульгита 10 % удельная поверхность базовой меловой смеси увеличивается на 167,5 %, т.е. в 2,7 раз.

Таблица 8

Удельные поверхности составов: мел М-5, аттапульгит и оксид кремния или синтетический аморфный диоксид кремния при смешении в турбулентном смесителе

№ №	Состав смеси,%			Уд. поверхность, см ² /г	№ №	Состав смеси,%			Уд. поверхность, см ² /г
	Мел М-5	аттапульгит	синтетический аморфный диоксид кремния			Мел М-5	аттапульгит	Оксид кремния	
1-1	80	20	–	7242	2-1	80	20	–	7119
1-2	78	20	2	8004	2-2	78	20	2	4602
1-3	77	20	3	8502	2-3	77	20	3	4748
1-4	76	20	4	9354	2-4	76	20	4	4729
1-5	75	20	5	10707	2-5	75	20	5	4647
1-6	75	18	7	14219	2-6	–	–	–	–
1-7	75	15	10	19374	2-7	–	–	–	–

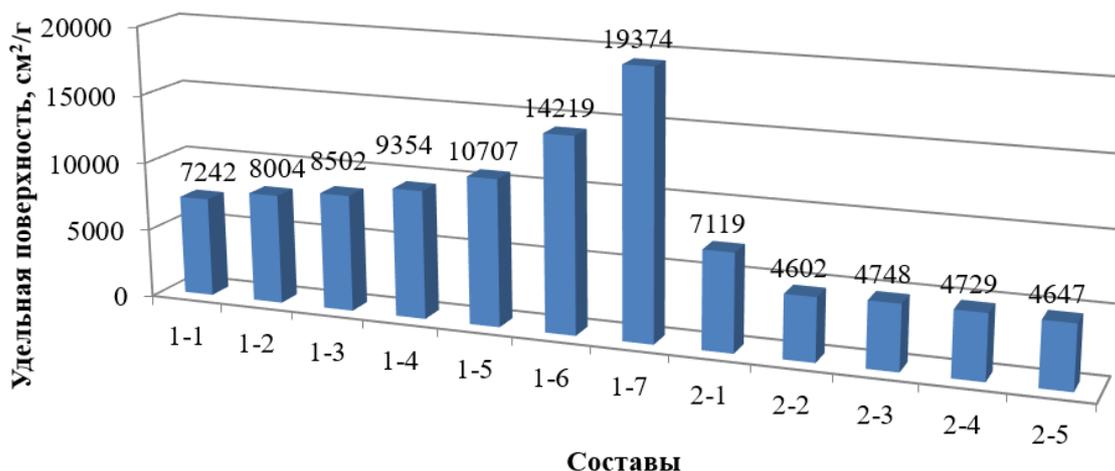


Рис. 5. Изменение удельных поверхностей составов: мел М-5, атапульгит и оксид кремния и синтетический аморфный диоксид кремния, смешанных в турбулентном смесителе

Изучение составов 2-1 – 2-5 (рис. 5), содержащих мел М-5, атапульгит и оксид кремния показало, что включение оксида кремния в состав меловых смесей 2 % (состав 2-2) снижает удельную поверхность на 64,6 %; при введении 3 % (состав 2-3) на 66,7 %; при введении 4 % (состав 2-4) на 66,4 % и при дозировке 5 % (состав 2-5) на 65 %. Полученные результаты свидетельствуют о неэффективности действия оксида кремния для использования для понижения удельной поверхности базовых меловых составов.

Выводы. Таким образом, на основании проведенных исследований получен эффективный базовый состав адсорбирующего гигиенического средства, включающий компоненты мел М-5, атапульгит и синтетический аморфный диоксид кремния, полученный смешением в турбулентном смесителе и соответствующий заявленной

удельной поверхности 12000 см²/г, которая обеспечит требуемую сорбционную емкость, тем самым обеспечит снижение патогенной микрофлоры в местах содержания сельскохозяйственных животных и птицы.

Заключение. Разработанная базовая основа адсорбирующего гигиенического порошкообразного средства вследствие значительной удельной поверхности обеспечит высокую степень поглощения влаги и создаст требуемый уровень санитарно-гигиенических условий содержания животных и птиц. Создание благоприятного климата для содержания сельскохозяйственных животных и птицы позволит значительно предотвратить размножение бактерии, что повлечёт за собой значительное снижение расхода использования антибиотиков при выращивании сельско-

хозяйственных животных, снизит уровень неприятных запахов, обеспечит сухую окружающую среду.

Источник финансирования. Исследования выполнены в соответствии с Соглашением № 6-С от 13.11.2023. Грант «Инновационные решения в АПК Белгородской области, тема «Производство адсорбирующего гигиенического средства с дезинфицирующим эффектом при содержании сельскохозяйственных животных и птицы».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. №9. С. 89–92.
2. Фадин Ю.М., Шеметова О.М. Сухие строительные смеси и смесительное оборудование для их производства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. №12. С. 145–150. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-145-150
3. Анциферов С.И., Пахотин Е.Г. Анализ современного рынка оборудования для производства сухих строительных смесей // В сб.: Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. С. 1402–1405.
4. Баренцева Е.А., Мизонов В.Е., Хохлова Ю.В. Процессы смешения сыпучих материалов: моделирование, оптимизация, расчёт. Иваново: Изд-во ИГЭУ им. В.И. Ленина, 2008. 116 с.
5. Белецкий Б.Ф., Булгакова И.Г.. Строительные машины и оборудование: справочное пособие: 2-е изд., перераб. и доп. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. 608 с.
6. Несмеянов Н.П., Горшков П.С.. Смесители для производства ССС // Межвузовский сборник статей: Энергосберегающие строительные комплексы и оборудование для производства строительных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. С. 176–179.
7. Орехова Т.Н., Уваров В.А. Анализ конструкций пневмосмесителей для производства сухих строительных смесей // Интерстроймех 2010: сб. докл. Междунар. научн-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2010. С. 92–94.
8. Шеметова О.М., Шеметов Е.Г. Анализ технических средств для смешения сухих строительных смесей // В сб.: Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. С. 3012–3015.
9. Витязь П.А., Николайчик Ю.А., Ровин С.Л., Свидуневич Н.А., Куис Д.В. Оборудование и технологии получения и использования наноструктурированных материалов // Литье и металлургия. 2021. №1. С. 137–141. DOI: 10.21122/1683-6065-2021-1-137-141
10. Верлока И.И., Капранова А.Б., Лебедев А.Е. Современные гравитационные устройства непрерывного действия для смешивания сыпучих компонентов // Инженерный вестник Дона. Электронный журнал. 2014. №4. С. 46.
11. Капранова А.Б., Верлока И.И., Яковлев П.А., Филиппов С.В. К расчету объемной доли сыпучего компонента при порционном смешивании в гравитационном устройстве // Математические методы в технике и технологиях. Сб. трудов 30-й Междунар. науч. конф. в 12 т. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2017. Т. 9. С. 64–66.
12. Капранова А.Б., Бакин М.Н., Лебедев А.Е., Зайцев А.И. Исследование ударного смешивания твердых дисперсных сред при вторичных столкновениях частиц // Известия ВУЗов. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56. №6. С. 83–86.
13. Чемеричко Г.И., Анциферов С.И., Пахотин Е.Г. Анализ современного рынка оборудования для производства сухих строительных смесей // В сб.: Образование, наука, производство. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. С. 1585–1588.
14. Иванов С.Д., Кудряшов А.Н., Ощепков В.В. Определение оптимальной производительности шаровой барабанной мельницы при размоле бурых углей // Теплоэнергетика. 2021. №2. С. 61–67. DOI: 10.1134/S0040363621010136
15. Першин В.Ф., Свиридов М.М. Конструирование смесителей сыпучих материалов, обеспечивающих стабильный уровень качества смеси // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 1999. №8. С. 13–15.
16. Хвесько Г.М., Вайтехович П.Е., Боровский Д.Н. Динамическая модель горизонтальной планетарной мельницы // Механика машин, механизмов и материалов. 2022. №2 (59). С. 31–38.
17. Постникова И.В., Блиничев В.Н. Струйные мельницы // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015. №2. С. 144–151.
18. Богданов В.С., Семикопенко И.А., Масловская А.Н., Пензев П.П. Дезинтегратор с узлом высокоскоростной подачи измельчаемого материала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 101–103.
19. Еренков О.Ю., Богачев А.П. Оборудование механических процессов в химической технологии. Издательство: ТОГУ, Хабаровск, 2014.
20. Захарова Е.Б., Одинокий М.И. Оборудование для производства модифицированных сухих строительных смесей // Строительные материалы. 2005. №9. С. 58–59.

21. Балагуров И.А., Мизонов В.Е. Моделирование кинетики смешивания разнородных сыпучих материалов // Вестник ИГЭУ. 2014. Вып. 6. С. 67–70.

22. Денисов Г.А. Производство и использования сухих строительных смесей // Сухие строительные смеси. 2011. №1. С. 14–18.

23. Моргун Л.В., Нагорский В.В. Турбулентные смесители в технологии пенобетонов // В сборнике: Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. Материалы Международных академических чтений. Курский государственный университет. Курск, 2021. С. 31–36.

24. Моргун Л.В., Нагорский В.В., Моргун В.Н. Об изготовлении пенобетонных смесей в смесителях турбулентного типа // В сборнике: Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития. Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Отв. Редактор Д.Ю. Карандеев. Абакан, 2021. С. 57–60.

25. Халюшев А.К., Калатурская Т.А., Ельшашева Д.М., Доценко Н.А., Самофалова М.С. Методика расчета рациональных геометрических параметров и режимов работы турбулентного смесителя для эффективного приготовления пенобетонной смеси // Вестник ВСГУТУ. 2021. №3 (82). С. 46–53.

26. Нагорский В.В., Моргун Л.В., Богатина А.Ю. Эксплуатационные достоинства применения турбулентных смесителей в технологии пенобетонов // Химия, физика и механика материалов. 2019. №1 (20). С. 14–24.

27. Белова Т.К. Приготовление в турбулентном смесителе цементного раствора, дисперсно-армированного модифицированной микрофиброй // Вестник МГСУ. 2016. №3. С. 47–58.

28. Пузырев А.А. Влияние турбулентного перемешивания на свойства связующего // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2013. №3 (31). С. 41–45.

Информация об авторах

Загороднюк Лилия Хасановна, доктор технических наук, профессор кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: LHZ47@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Богданов Всеволод Николаевич, ведущий специалист ЦТИТ. E-mail: bogdanov_vsevolod@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Кикалишвили Елена Нурисламовна, аспирант. E-mail: li_ki10@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Газиев Хумоюнбек Хайдаралиевич, магистрант. E-mail: humoyunbek1998@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сумской Дмитрий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: pr9nik2011@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 18.02.2024 г.

© Загороднюк Л.Х., Богданов В.Н., Кикалишвили Е.Н., Газиев Х.Х., Сумской Д.А., 2024

Zagorodnyuk L.Kh., Bogdanov V.N., Kikalishvili E.N., Gaziev Kh.Kh., *Sumskoy D.A.

Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova

**E-mail: pr9nik2011@yandex.ru*

STUDYING THE PROCESS OF MIXING THE MAIN COMPONENTS OF AN ADSORBENT HYGIENIC PRODUCTS

Abstract. *The results of research on the study of the mixing process to develop the basic composition of an adsorbent hygienic product for keeping animals and birds in accordance with sanitary standards are presented. The possibility of using a rotary ball mill as the most effective apparatus for grinding and mixing and a turbulent mixer, ensuring high homogeneity when mixing the main ingredients of mixtures, is investigated. In result of studying the processes of mixing the main ingredients in the preparation of an adsorbent hygiene product in various mixing units, an effective basic composition of an adsorbent hygiene product is obtained. Moreover, the components chalk M-5, attapulgite and synthetic amorphous silicon dioxide, obtained by mixing*

in a turbulent mixer and corresponding to the required specific surface area of 12000 cm²/g, which will provide the necessary sorption capacity and thereby ensure a reduction in pathogenic microflora in places where farm animals and poultry are kept. The developed basis of an adsorbent hygienic powder product, due to its significant specific surface area, will provide a high degree of moisture absorption and create the required level of sanitary and hygienic conditions for keeping animals and birds. Creating a favorable climate for keeping farm animals and poultry will significantly prevent the proliferation of bacteria, which will entail a significant reduction in the consumption of antibiotics when raising farm animals, reduce the level of unpleasant odors, and provide a dry environment for keeping animals and birds.

Keywords: *mixing, turbulent mixer, rotary ball mill, chalk, adsorbent hygiene product, attapulgit, synthetic amorphous silicon dioxide, specific surface area.*

REFERENCES

1. Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.Kh., Shchekina A.Yu., Luginina I.G. Preparation of composite binders in various grinding units [Poluchenie kompozitsionnykh vyazhushchikh v razlichnykh pomolnykh agregatakh]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhova. 2012. No. 9. Pp. 89–92. (rus)
2. Fadin Yu.M., Shemetova O.M. Dry building mixtures and mixing equipment for their production [Sukhie stroitelnye smesi I smesitelnoe oborudovanie dlya ikh proizvodstva]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhova. 2020. No. 12. Pp. 145–150. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-12-145-150. (rus)
3. Antsiferov S.I., Pakhotin E.G. Analysis of the modern market of equipment for the production of dry building mixtures [Analiz sovremennogo rynka oborudovaniya dlya proizvodstva sukhikh stroitelnykh smesey]. In: Education, science, production. Belgorod: Publishing house BSTU named after V.G. Shukhova, 2015. Pp. 1402–1405. (rus)
4. Barentseva E.A., Mizonov V.E., Khokhlova Yu.V. Processes of mixing bulk materials: modeling, optimization, calculation [Protsessy smesheniya sypuchikh materialov: modelirovanie, optimizatsiya, raschet]. Ivanovo: Publishing house of ISUE named after named after Lenina, 2008. 116 p.
5. Beletsky B.F., Bulgakov I.G. Construction machines and equipment [Stroitelnye mashiny oborudovanie]: reference manual: 2nd ed., revised. and additional – Rostov n/d: Phoenix, 2005. 608 p. (rus)
6. Nemesyanov N.P., Gorshkov P.S.. Mixers for the production of SSS [Smesiteli dlya proizvodstva SSS]. Interuniversity collection of articles: Energy-saving construction complexes and equipment for the production of building materials. Belgorod: Publishing house BSTU named after V.G. Shukhova, 2009. Pp. 176–179. (rus)
7. Orekhova T.N., Uvarov V.A. Analysis of pneumatic mixer designs for the production of dry building mixtures [Analiz konstruktsiy pnevmosmesiteley dlya proizvodstva sukhikh stroitelnykh smesey]. Interstroyemkh 2010: collection. report Intl. scientific-practical conf. Belgorod: Publishing house BSTU named after V.G. Shukhova, 2010. Pp. 92–94. (rus)
8. Shemetova O.M., Shemetov E.G. Analysis of technical means for mixing dry building mixtures [Analiz tekhnicheskikh sredstv dlya smesheniya sukhikh stroitelnykh smesey]. In: International scientific and technical conference of young scientists of BSTU named after V.G. Shukhova. Belgorod: Publishing house BSTU named after V.G. Shukhova, 2020. Pp. 3012–3015. (rus)
9. Vityaz P.A., Nikolaychik Yu.A., Rovin S.L., Svidunovich N.A., Kuis D.V. Equipment and technologies for the production and use of nanostructured materials [Oborudovanie I tekhnologi ipolucheniya I ispolzovaniya nanostrukturirovannykh materialov]. Casting and metallurgy. 2021. No. 1. Pp. 137–141. DOI: 10.21122/1683-6065-2021-1-137-141. (rus)
10. Verloca I.I., Kapranova A.B., Lebedev A.E. Modern continuous gravitational devices for mixing bulk components [Sovremennye gravitatsionnye ustroystva nepreryvnogo deystviya dlya smeshivaniya sypuchikh komponentov]. Engineering Bulletin of the Don. Electronic journal. 2014. No. 4. 46. (rus)
11. Kapranova A.B., Verloca I.I., Yakovlev P.A., Filippov S.V. Towards the calculation of the volume fraction of a bulk component during batch mixing in a gravitational device [K raschetu obemnoy doli sypuchego komponenta pri portsiennom smeshivanii v gravitatsionnom ustroystve]. Mathematical methods in engineering and technology. Sat. Proceedings of the 30th Int. scientific conf. in 12 volumes. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University, 2017. Vol. 9. Pp. 64–66. (rus)
12. Kapranova A.B., Bakin M.N., Lebedev A.E., Zaitsev A.I. Study of impact mixing of solid dispersed media during secondary collisions of particles [Issledovanie udarnogo smeshivaniya tverdykh dispersnykh sred pri vtorichnykh stolknoveniyakh chastits]. Izvestiya VUZov. Chemistry and chem. technology. 2013. Vol. 56. No 6. P. 83–86. (rus)
13. Chemerichko G.I., Antsiferov S.I., Pakhotin E.G. Analysis of the modern market of equipment for the production of dry building mixtures [Analiz sovremennogo rynka oborudovaniya dly proizvodstva sukhikh stroitelnykh smesey]. In: Education, science, production. Belgorod: Publishing house BSTU named after V.G. Shukhova. 2015. Pp. 1585–1588. (rus)

14. Ivanov S.D., Kudryashov A.N., Oshchepkov V.V. Determination of the optimal performance of a ball drum mill when grinding brown coals [Opredelenie optimalnoy proizvoditelnosti sharovoy barabannoy melnitsy pri razmole burykh ugley]. Thermal power engineering. 2021. No. 2. Pp. 61–67. DOI: 10.1134/S0040363621010136. (rus)
15. Pershin V.F., Sviridov M.M. Design of bulk materials mixers that provide a stable level of mixture quality [Konstruirovaniye smesiteley sypuchikh materialov, obespechivayushchikh stabilny yuroven kachestva smesi]. Chemical and oil and gas engineering. 1999. No. 8. Pp. 13–15. (rus)
16. Khvesko G.M., Vaitekhovich P.E., Borovsky D.N. Dynamic model of a horizontal planetary mill [Dinamicheskaya model gorizontальной planetarnoy melnitsy]. Mechanics of machines, mechanisms and materials. 2022. No. 2 (59). Pp. 31–38. (rus)
17. Postnikova I.V., Blinichev V.N. Jet mills [Struynye melnitsy]. Modern high technology. Regional application. 2015. No. 2. Pp. 144–151. (rus)
18. Bogdanov V.S., Semikopenko I.A., Maslovskaya A.N., Penzev P.P. Disintegrator with a high-speed supply unit for crushed material [Dezintegrator s uzlom vysokoskorostnoypodachi izmelchaemogo materiala]. Vestnik BSTU named after V.G. Shukhova. 2009. No. 1. Pp. 101–103. (rus)
19. Erenkov O.Yu., Bogachev A.P. Equipment for mechanical processes in chemical technology [Oborudovaniye mekhanicheskikh protsessov v khimicheskoy tekhnologii]. Publisher: TOGU, Khabarovsk, 2014. (rus)
20. Zakharova E.B., Odinoky M.I. Equipment for the production of modified dry building mixtures [Oborudovaniye dlya proizvodstva modifitsirovannykh sukhikh stroitelnykh smesey]. Construction materials. 2005. No. 9. Pp. 58–59. (rus)
21. Balagurov I.A., Mizonov V.E. Modeling the kinetics of mixing dissimilar bulk materials [Modelirovaniye kinetiki smeshivaniya raznorodnykh sypuchikh materialov]. Bulletin of ISUE. 2014. Vol. 6. Pp. 67–70. (rus)
22. Denisov G.A. Production and use of dry construction mixtures [Proizvodstvo i ispolzovaniya sukhikh stroitelnykh smesey]. Dry construction mixtures. 2011. No 1. Pp. 14–18. (rus)
23. Morgun L.V., Nagorsky V.V. Turbulent mixers in foam concrete technology [Turbulentnyye smesiteli v tekhnologii penobetonov]. In the collection: Safety of the Russian building stock. Problems and solutions. Materials of International Academic Readings. Kursk State University. Kursk, 2021. Pp. 31–36. (rus)
24. Morgun L.V., Nagorsky V.V., Morgun V.N. On the production of foam concrete mixtures in turbulent type mixers [Ob izgotovlenii penobetonnykh smesey v smesitelyakh turbulentnogo tipa]. In the collection: Engineering technologies: traditions, innovations, development vectors. Collection of materials of the VII All-Russian scientific and practical conference with international participation. Rep. Editor D.Yu. Karandeev. Abakan, 2021. Pp. 57–60. (rus)
25. Khalyushev A.K., Kalaturskaya T.A., Elshaeva D.M., Dotsenko N.A., Samofalova M.S. Methodology for calculating rational geometric parameters and operating modes of a turbulent mixer for the effective preparation of foam concrete mixture [Metodika rascheta ratsionalnykh geometricheskikh parametrov i rezhimov raboty turbulentnogo smesitelyadlya effektivnogo prigotovleniya penobetonnoy smesi]. VSGUTU Bulletin. 2021. No. 3 (82). Pp. 46–53. (rus)
26. Nagorsky V.V., Morgun L.V., Bogatina A.Yu. Operational advantages of using turbulent mixers in foam concrete technology [Ekspluatatsionnye dostoinstva primeneniya turbulentnykh smesiteley v tekhnologii penobetonov]. Chemistry, physics and mechanics of materials. 2019. No. 1 (20). Pp. 14–24.
27. Belova T.K. Preparation of cement mortar dispersedly reinforced with modified microfiber in a turbulent mixer [Prigotovlenie v turbulentnom smesitele tsementnogo rastvora, dispersno-armirovannogo modifitsirovannom mikro fibroy]. Bulletin of MGSU. 2016. No 3. Pp. 47–58. (rus)
28. Puzyrev A.A. The influence of turbulent mixing on the properties of the binder [Vliyaniye turbulentnogo peremeshivaniya na svoystva svyazuyushchego]. Scientific bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture. 2013. No. 3 (31). Pp. 41–45. (rus)

Information about the authors

Zagorodnyuk, Liliya Kh. DSc, Professor. E-mail: LHZ47@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Bogdanov, Vsevolod N. Leading specialist of CTIT. E-mail: bogdanov_vsevolod@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Kikalishvili, Elena N. Graduate student. E-mail: li_ki10@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Gaziev, Khumoyunbek Kh. Master's student. E-mail: xumoyunbek1998@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sumskoy, Dmitry A. PhD. E-mail: pr9nik2011@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 18.02.2024

Для цитирования:

Загороднюк Л.Х., Богданов В.Н., Кикалишвили Е.Н., Газиев Х.Х., Сумской Д.А. Изучение процесса смешения основных компонентов адсорбирующего гигиенического средства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №9. С. 118–130. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-118-130

For citation:

Zagorodnyuk L.Kh., Bogdanov V.N., Kikalishvili E.N., Gaziev Kh.Kh., Sumskoy D.A. Studying the process of mixing the main components of an adsorbent hygienic products. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2024. No. 9. Pp. 118–130. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-9-118-130