

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Строительные материалы и технологии строительства
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.Г. Енджиевская
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»
код, наименование направления

Технологическая линия по производству безобжигового зольного гравия
тема

Руководитель	_____	<u>к.т.н., профессор Шевченко В.А.</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень инициалы, фамилия
Выпускники	_____	<u>А.О.Сарыглар</u>
	_____	<u>В.Н.Татарникова</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа ДП по теме «Технологическая линия по производству безобжигового зольного гравия»

Консультанты по разделам:

Состояние вопроса
наименование раздела

подпись, дата

В.А. Шевченко
инициалы, фамилия

Экспериментальная часть
наименование раздела

подпись, дата

В.А. Шевченко
инициалы, фамилия

Технологическая часть
наименование раздела

подпись, дата

Е.С. Турьшева
инициалы, фамилия

Нормоконтроллер

подпись, дата

В.А. Шевченко
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Строительные материалы и технологии строительства
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ И.Г. Енджиевская

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Татарниковой Владилене Николаевне, Сарыглар Алдынай Олеговне

Группа СБ 16-41Б Направление (профиль) 08.03.01
(номер) *(код)*

«Строительство» - профиль «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций»
наименование

Тема выпускной квалификационной работы Технологическая линия по производству безобжигового зольного гравия

Утверждена приказом по университету №7630/сот 10.06.2020г. Руководитель ВКР В.А. Шевченко, к.т.н., профессор СМиТС ИСИ СФУ
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР бакалавра: Провести исследование искусственного пористого заполнителя в виде зольного гравия, полученного из высококальциевой золы-унос Красноярской ТЭЦ-2; разработать технологическую линию.

Перечень разделов ВКР бакалавра Состояние вопроса, экспериментальная часть, технологическая часть, заключение. Перечень графического материала Экспериментальная часть – 5 листов, технология производства – 5 листов.

Руководитель ВКР

подпись

В.А. Шевченко
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

А.О. Сарыглар
инициалы и фамилия

подпись

В.Н. Татарникова
инициалы и фамилия

«__» __ 2020 г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Технологическая линия по производству безобжигового зольного гравия» включает в себя пояснительную записку 81 страниц текста, 10 листов графического материала А2.

ЗОЛЬНЫЙ ГРАВИЙ, ВЫСОКОКАЛЬЦИЕВАЯ ЗОЛА-УНОС, МИКРОКРЕМНЕЗЁМ, ДОБАВКА ХЛОРИСТЫХ СОЛЕЙ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ.

Объектом данной работы является зольный гравий, который получают на основе высококальциевой золы-унос, микрокремнезёма и добавки хлористых солей.

Целью данной работы является изучение свойств безобжигового зольного гравия, полученного на основе высококальциевой золы-унос и разработка технологии его изготовления.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. Состояние вопроса	9
1.1 Виды искусственных пористых заполнителей	9
1.2 Общее понятие и свойства зольного гравия	13
1.3 Технические требования к сырьевым материалам для зольного гравия	20
1.4 Существующие технологии изготовления для зольного гравия	23
Вывод по состоянию вопроса	26
2. Экспериментальная часть	28
2.1 Сырьевые материалы	28
2.2 Методики проведения исследований	38
2.3 Результаты разработки состава безобжигового зольного гравия и изучения его свойств.....	50
Вывод по экспериментальной части	53
2. Технологическая часть.....	54
3.1 Выбор технологической схемы	54
3.1 Выбор технологической схемы	54
3.2 Описание схемы технологического процесса и расчёт основных параметров	57
3.3 Расчет и выбор основного технологического оборудования	60
3.4 Расчёт потребности в сырьевых материалах	72
3.5 Штатная ведомость	73
Вывод по технологической части	74
4. ЭКОЛОГИЯ	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	80

ВВЕДЕНИЕ

Зольный гравий - искусственный пористый заполнитель округлой формы, получаемый путем гранулирования золы-уноса ТЭС с последующим вспучиванием при обжиге гранул полуфабриката во вращающейся печи.

Применение легких пористых заполнителей позволяет получать эффективные легкие бетоны для теплоизоляции, стеновых панелей, монолитных стен и разнообразных несущих конструкций. Замена обычных тяжелых заполнителей пористыми позволяет существенно изменить свойства бетонов в желаемом направлении: уменьшить плотность, улучшить теплоизоляционные свойства. В то же время достаточная прочность ряда пористых заполнителей обеспечивает возможность получения на их основе конструкционных легких бетонов высокой прочности [1].

Утилизации отходов придают большое значение, так как необходимо шире использовать вторичное сырьё и отходы разных отраслей промышленности. Ежегодный выброс зол и шлаков от пылевидного сжигания твердого топлива на ТЭС составляет свыше 100 млн.т. Однако, их использование как сырья в народном хозяйстве еще недостаточно. Применение золошлаков не только решает вопрос обеспеченности сырьем, но и позволяет повысить качество продукции при одновременном снижении ее себестоимости.

Одно из направлений переработки золошлаковых отходов ТЭС – использование их в качестве сырья для бетона, а также для изготовления искусственных заполнителей бетона. Использование золошлаковых отходов в качестве замещающих материалов при изготовлении бетона и его заполнителей является актуальным по причине недостатка природных

заполнителей из гравия и гранитного щебня и истощения их месторождений [2].

Одним из ценных компонентов золошлаковых отходов является зола уноса, применяемая в частности в виде искусственного зольного гравия. Использование золы уноса при изготовлении бетона можно разделить на два вида: в качестве крупного заполнителя (рисунок 1), получаемого методом обжиговой или безобжиговой грануляции золы (зольный гравий), и в виде мелкодисперсного наполнителя.

Применение мелкодисперсной золы в бетоне служит нескольким целям: экономии цемента, в результате частичной его замены, улучшению свойств и характеристик бетонной смеси (например, трещинообразование при усадке) и утилизации золы уноса, как промышленного отхода.

Зольный гравий применяется в высококачественных бетонах в самоуплотняющихся бетонных смесях и в легких бетонах. Для высококачественных бетонов применение зольного гравия позволяет уменьшить стоимость бетона при сохранении его основных свойств. В самоуплотняющихся бетонах округлая форма зольного гравия и его относительно небольшой размер повышает подвижность бетона и его удобоукладываемость, особенно при густом армировании. Подобные смеси легче подаются бетононасосами. Использование зольного гравия в легких бетонах снижает его плотность и улучшает его теплотехнические характеристики [3].

Цель дипломного проекта заключается изучение свойств безобжигового зольного гравия, полученного на основе высококальциевой золы–унос и разработка технологии его изготовления.

1. Состояние вопроса

Одним из эффективных видов строительных материалов являются легкие бетоны, из которых возводится большинство ограждающих конструкций. Для их изготовления должны использоваться различные виды пористых заполнителей, которые по происхождению могут быть природными и искусственными. Природные добывают в ограниченных количествах и только в некоторых регионах. Наибольшее распространение имеют искусственные пористые заполнители.

1.1 Виды искусственных пористых заполнителей

Заполнитель занимает в бетоне до 80% его объема. Получение легкого бетона с оптимальными свойствами существенно зависит от вида применяемого искусственного пористого заполнителя. Свойства заполнителя определяются, прежде всего, его объемной насыпной массой. Установлены следующие марки пористого заполнителя по объемной массе (в кг/м³): 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900 и 1000. Для песка принята дополнительная марка 1200 кг/м³.

Искусственные пористые заполнители получают из отходов промышленности или путем термической обработки силикатного сырья, подвергнутых расसेву или дроблению и рассеvu.

По химическому составу пористые заполнители разделяют на кислые и основные. Они могут иметь различное соотношение стекловидной и кристаллической фаз. Слагающее их вещество может находиться почти целиком в стекловидной фазе (кислые гранулированные доменные шлаки, керамзит из хорошо вспучиваемых глин) или же иметь преимущественно кристаллическую структуру (некоторые карбонатные заполнители). Такие заполнители, как аглопорит, в равной мере содержат стекловидную и кристаллическую фазу.

Также, заполнители подразделяются на мелкие и крупные: к мелким относятся сыпучие материалы (песок), объемной насыпной массой (в

высушенном состоянии) не более 1200 кг/м^3 при крупности зерен до 5 мм, крупным — зерна от 5 до 40 мм при объемной массе не более 1000 кг/м^3 [5].

К искусственным пористым заполнителям относятся: а) керамзит и его разновидности, шунгизит, зольный гравий, глинозольный керамзит, вспученный азерит, получаемые обжигом со вспучиванием подготовленных гранул (зерен) из глинистых и песчано-глинистых пород (глин, суглинков, глинистых сланцев, аргиллита, алевролита), шунгитосодержащих сланцев, трепелов, золошлаковой смеси или золы-уноса ТЭЦ; б) термолит, получаемый при обжиге без вспучивания щебня или подготовленных гранул кремнистых опаловых пород (диатомита, трепела, опоки и др.); в) перлит - вспученный, получаемый при обжиге гранул из вулканических водосодержащих пород (перлита, обсидиана и других водосодержащих вулканических стекол); г) вермикулит вспученный, получаемый при обжиге подготовленных зерен из природных гидратированных слюд. Из отходов промышленности применяют песок и щебень преимущественно из гранулированного или вспученного металлургического шлака, а также грубодисперсные золы-уносы и золошлаковые смеси ТЭЦ.

Керамзит получают главным образом в виде керамзитового гравия. Зёрна его имеют округлую форму. Структура пористая, ячеистая. На поверхности его часто имеется более плотная корочка. Некоторые глины при обжиге вспучиваются. Это явление использовано для получения из глин пористого материала, такого как керамзит. Сырьём для производств керамзита служат глинистые породы, относящиеся в основном к осадочным горным. Для производства наиболее пригодны монтмориллонитовые и гидрослюдистые глины, содержащие не более 30% кварца. Общее содержание SiO_2 должно быть не более 70%, Al_2O_3 — не менее 12% (желательно около 20%), $Fe_2O_3 + FeO$ — до 10%, органических примесей 1–2%.

Важнейшим требованием к сырью является вспучивание при обжиге, которое характеризуется коэффициентом вспучивания и равен он должен быть не менее 2. Вторым требованием является легкоплавкость. Температура обжига должна быть не выше 1250 °С. Третьим важнейшим требованием является необходимый интервал вспучивания. Это разница между предельно возможной и температурой обжига и температурой начала вспучивания данного сырья.

Аглопорит представляет собой искусственный пористый наполнитель с размером гранул 5...20 мм, насыпной плотностью 400...700 кг/м³ и пределом прочности 0,4...1,5 МПа. Сырьем для производства аглопорита служат глинистые породы (суглинок, супесь, аргиллит, глинистый сланец, лёсс), а также отходы промышленности — глинистые отходы от добычи и обогащения углей, горелая порода, топливные шлаки, зола ТЭЦ и другие камневидные силикатные породы.

Аглопорит отличается сравнительно высокой однородностью до насыпной плотности и прочности, что создаёт предпосылки для его эффективного применения в бетоне.

Шлаковую пемзу получают из доменных шлаков, причём не из отвальных (такие шлаки ещё нужно расплавить), а непосредственно из шлаковых расплавов, сливаемых из доменных печей в огненно-жидком состоянии. Шлаковая пемза является самым дешёвым искусственным пористым наполнителем

Шлаковую пемзу используют в конструкционно-теплоизоляционных бетонах ограждающих конструкций. В силу меньшей её теплопроводности возможно применение шлакопемзобетона повышенной плотности без ухудшения его теплозащитных свойств по сравнению с керамзитобетоном: шлакопемзобетон с плотностью $1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, имеет примерно такую же теплопроводность, как керамзитобетон с плотностью $1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Шунгизит получают вспучиванием при обжиге графитосодержащей сланцевой породы – шунгита. Порода в виде фракционированной крошки поставляют многим предприятиям, использующим её как сырьё для производства шунгизитового гравия.

Термолит — материал в виде щебня или гравия, получаемый при обжиге кремнистых опаловых пород (трепелы, диатомиты, опоки) без вспучивания. Исследования показали, что сырьё весьма перспективно для производства искусственных пористых заполнителей, причём некоторые его разновидности при обжиге вспучиваются, другие только спекаются. Термолит используют для получения конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных лёгких бетонов.

Гранулированный шлак — мелкозернистый пористый материал, получаемый при быстром охлаждении расплавов металлургических шлаков.

Керамзитовый песок получают дроблением и рассевом керамзитового гравия или щебня или как самостоятельную фракцию при обжиге. Гравий керамический полый — материал округлой формы, который получают обжигом из специально изготовленных пустотелых глиняных гранул. Вспученный перлит изготавливают в виде щебня и песка путем кратковременного обжига вулканических водосодержащих стекловидных пород.

Вспученный перлит — материал, получаемый вспучиванием при обжиге подготовленных зёрен из вулканических водосодержащих пород (перлит, обсидиан, витрофир и др.) В перлите содержится около 1–2% связанной воды. При обжиге (1000–1250 °С) перлит размягчается и под давлением паров высвобождаемой воды сильно вспучивается. Коэффициент вспучивания до 10–12. Чем он больше, тем меньше расход сырья на единицу объёма продукции. Вспученный перлит отличается от других пористых заполнителей высоким водопоглощением, которое тем больше, чем больше степень вспучивания. В отличие от других пористых заполнителей мелкие

фракции вспученного перлита легче крупных. Это объясняется особенностями вспучивания стекловидных пород по сравнению с глинистыми.

Применяют вспученный перлит в качестве теплоизоляционного материала и заполнителя для особо лёгких теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных, а также жаростойких бетонов.

Вспученный вермикулит — разновидность слюды, магниевожелезистый гидроалюмосиликат с содержанием связанной воды 8–18%. Это сравнительно мягкая горная порода. Из вспученного вермикулита можно получать особо лёгкие бетоны небольшой прочности для теплоизоляции. В крупнопанельном домостроении вермикулитобетон используется для утепления панелей наружных стен и совмещённых наружных кровельных покрытий [6].

Предприятия по производству искусственных пористых заполнителей создаются там, где в них есть потребность, и базируются они, как правило, на местных источниках сырья. Себестоимость искусственных пористых заполнителей, конечно, выше себестоимости промышленных отходов или природных пористых заполнителей (если последние имеются в данном районе), но часто ниже себестоимости привозных заполнителей. Кроме того, искусственные пористые заполнители отличаются более высоким качеством и эффективностью использования в бетонах.

1.2 Общее понятие и свойства зольного гравия

Зольный гравий представляет собой искусственный заполнитель, получаемый в виде гранул из тонкомолотой, предварительно увлажненной сырьевой смеси из золы ТЭЦ и портландцемента с последующим твердением [5]. Многочисленные теоретические и практические исследования показали, что зольный гравий может использоваться в бетонах и строительных растворах в качестве замены природных каменных материалов, для

сооружения дорожных насыпей. На основе зольных гранул возможно получение конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов.



Рисунок 1 – Внешний вид зольного гравия

Основами получения безобжигового зольного гравия являются: 1) грануляция увлажнённой смеси золы и вяжущего; 2) гидратационное твердение вяжущего и его взаимодействие с активными составляющими золы.

Для изготовления безобжигового зольного гравия можно применять портландцемент, известь, гипсовые, гипсоцементно-пуццолановые вяжущие (ГЦПВ) и использовать золы ТЭС сухого отбора (из-под фильтров и циклонов), а также высушенные золы из отвалов их гидроудаления (золошлаковые смеси).

Содержание частиц несгоревшего топлива в золах и золошлаковых смесях допускается до 25%, что существенно выше, чем для производства обжиговых заполнителей. Таким образом, возможность использования зол расширяется. Удельная поверхность зол должна иметь не менее $2500 \frac{см^2}{г}$. Это

обусловлено тем, что гранулируемость порошков зависит от их гранулометрического состава, в частности от содержания мелких частиц с размерами до 20 мкм. Дисперсность частиц золы имеет значение и для гидрационного твердения гранул.

Разработаны различные варианты технологии получения. В одной из которых на основе молотой золы или золо-шлаковой смеси с добавкой 10–15% портландцемента получают гранулы, которые подвергаются кратковременному пропариванию в камере (4 часа при температуре 90–95°C).

Насыпная плотность такого гравия $700\text{--}950 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Прочность при сдавливании в цилиндре 0,6–0,8 МПа обеспечивает возможность транспортирования и складирования. Прочность продолжает расти при естественном твердении (до 5–6 МПа в 28-суточном возрасте), а также в составе бетона при тепловой обработке изделий. Повышения прочности гранул и сокращения сроков их тепловой обработки можно достигнуть применением добавок ускорителей твердения типа сернокислого натрия, нитрит–нитратхлорида кальция и других солей неорганических кислот, вводимых с водой затворения в количестве 1–3% от массы вяжущего.

При использовании вместо портландцемента быстротвердеющего гипсоцементно-пуццоланового вяжущего заполнитель сразу после грануляции приобретает достаточную прочность и не нуждается в тепловой обработке. Через сутки прочность при сдавливании в цилиндре составляет 0,7 – 1,5 МПа, через трое суток – 2,3 – 3,0 МПа.

Насыпная плотность гравия может быть снижена введением в состав сырьевой смеси различных облегчающих добавок: вспученного перлитового песка, древесных спилов, стеклопора, отходов пеностекла или газосиликата и др. Добавки вводят в смеситель при подготовке массы к грануляции. Расход цемента составляет $60\text{--}100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Облегченный безобжиговый гравий имеет

насыпную плотность $400-600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, а прочность при сдавливании в цилиндре в сухом состоянии 1,0–1,6 МПа.

Производство безобжигового зольного гравия характеризуется экономией топливно-энергетических ресурсов. Например, расход уловного топлива в 2-3 раза ниже, чем при производстве обжиговых искусственных пористых заполнителей.

Применяется безобжиговый зольный гравий как крупный заполнитель для конструкционных и конструкционно-теплоизоляционных лёгких бетонов [6].

Гравий должен соответствовать требованиям ГОСТ 33928-2016 «Заполнители искусственные пористые на основе зол и шлаков ТЭС. Технические условия» [7].

Зерновой состав

а) Искусственные пористые заполнители на основе зол и шлаков ТЭС в зависимости от размеров зерен подразделяют на следующие виды:

– крупный заполнитель (пористые гравий и щебень) размером зеренот 5 до 40 мм;

– мелкий заполнитель (пористый песок) размером зерен менее 5 мм.

б) Гравий и щебень должны изготавливаться следующих основных фракций:

Гравий и щебень должны изготавливаться следующих основных фракций:

- от 5 до 10 мм;

- от 10 до 20 мм;

- от 20 до 40 мм.

По согласованию с потребителем допускается изготовление смеси фракций гравия и щебня.

в) Полные остатки на контрольных ситах при отсеиве гравия и щебня приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Полные остатки на контрольных ситах при расसेве гравия и щебня

Диаметр отверстия контрольного сита, мм	d	D наиб	2D
Полный остаток на сите, % по массе	85–100	До 10	Не допускается

Массовая доля зерен мелкой фракции (меньше d) не должна превышать 15%.

Массовая доля зерен крупной фракции (больше D) не должна превышать 10%.

Характеристики

В зависимости от насыпной плотности гравий подразделяют на марки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Марки по насыпной плотности

Марка по насыпной плотности	Насыпная плотность, кг/м
M250	200 до 250
M300	250 до 300
M350	300 до 350
M400	350 до 400
M450	400 до 450
M500	450 до 500
M600	500 до 600
M700	600 до 700
M800	700 до 800
M900	800 до 900
M1000	900 до 1000
M1100	1000 до 1100

Минимальная и максимальная марки по насыпной плотности гравия должны соответствовать приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Минимальная и максимальная марки по насыпной плотности зольного гравия

Наименование заполнителя	Марка по насыпной плотности	
	Минимальная	Максимальная
Зольный гравий	M450	M900

В зависимости от прочности при сдавливании в цилиндре (далее – прочность) зольный гравий подразделяют на марки, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Марка от прочности при сдавливании в цилиндре

Марка по прочности	Прочность, МПа
П25	-
П35	-
П50	1,0 - 1,5
П75	1,5 - 2,0
П100	2,0 - 2,5
П125	2,5 - 3,3
П150	3,3 - 4,5
П200	4,5 - 5,5
П250	5,5 - 7,5
П300	-

Марки по прочности гравия в зависимости от марок по насыпной плотности должны соответствовать (быть не менее) приведенным в таблице 5.

Марка по морозостойкости гравия и щебня должна быть не ниже F15. Потеря массы после 15 циклов переменного замораживания и оттаивания не должна превышать 8%.

Таблица 5 – Марка по прочности гравия в зависимости от насыпной плотности

Марка по насыпной плотности	Марка по прочности
M250	-
M300	-
M350	П50
M400	П75
M450	П75
M500	П100
M600	П125
M700	П150
M800	П200
M900	П250

При определении морозостойкости гравия и щебня испытанием в растворе сернокислого натрия потеря массы после трех циклов не должна превышать 8%.

Содержание в гравии расколотых зерен не должно превышать 15% по массе при использовании гравия в качестве заполнителя в бетонах.

Среднее значение коэффициента формы зерен гравия должно быть не более 1,5.

Коэффициент размягчения гравия и щебня, применяемых для легких бетонов, должен быть не менее 0,75.

В гравии, щебне и песке, применяемых в качестве заполнителей для армированных легких бетонов, содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений в пересчете на ГОСТ 33928-2016 Заполнители искусственные пористые на основе зол и шлаков ТЭС. Технические условия не должно превышать 1% по массе.

Водопоглощение гравия и щебня в течение 1 ч не должно превышать, % по массе:

30 – для марок по насыпной плотности до M400;

25 – для марок по насыпной плотности M450–M600;

20 – для марок по насыпной плотности М700–М900.

Влажность поставляемых гравия, щебня и песка должна быть не более 5% по массе.

Потеря массы при кипячении должна быть не более 5%.

Потеря массы при определении стойкости против силикатного распада должна быть не более 8%.

Потеря массы при прокаливании должна быть не более, %:

3 – для зольного аглопоритовых гравия и щебня;

5 – для зольного аглопоритового песка.

Содержание слабообожженных зерен в зольных аглопоритовых гравии и щебне не должно превышать 5% по массе [7].

1.3 Технические требования к сырьевым материалам для зольного гравия

Для производства БЗГ могут быть использованы золы ТЭС сухого отбора (из-под электрофильтров или мультициклонов), а также высушенная гидроудаленная отвальная зола (золошлаковая смесь) от сжигания бурых и каменных углей .

Зола должна отвечать следующим требованиям: содержание остаточного углерода не более 25 % для зол от сжигания каменных углей и антрацита и не более 5 % для зол от сжигания бурых углей; содержание свободной окиси кальция не более 10 %; содержание сульфидной серы в пересчете на SO₃ не более 5 %.

Влажность золы или золошлаковой смеси, поставляемой из отвалов на склад цеха по производству БЗГ, не должна превышать 3 %. Первоначальная дисперсность золы от электрофильтров или мультициклонов, а также отвальной золы не регламентируется. В составе отвальной золошлаковой смеси содержание частиц размером более 1 мм не должно превышать 10 % по массе [3].

В качестве вяжущего при производстве БЗГ могут быть использованы шлако- и портландцемент марки 400 и 500, соответствующий ГОСТ 10178-76, гипсоцементно-пуццолановое вяжущее (ГЦПВ) и строительная известь - пушонка. В зависимости от вида применяемого вяжущего твердение сырцовых зольных гранул проводится в пропарочных камерах или автоклавах [8].

Для повышения прочности гранул в начальные сроки и ускорения твердения при тепловлажностной обработке применяют добавки – ускорители твердения типа сернокислого натрия Na_2SO_4 (ГОСТ 4166-76, с изм.), нитрат хлорид кальция и др. солей неорганических кислот.

Технические требования к сырьевым материалам и методы их испытаний регламентируются соответствующими ГОСТ и ТУ.

Возможность использования золы от сжигания твердого топлива в производстве БЗГ обусловлена наличием в ее составе метаксаолинита и алюмосиликатных минералов, которые придают ей различную активность при твердении. Твердение гранул БЗГ происходит за счет введения 10–20 % портландцемента. Портландцемент определяет прочность гранул не только за счет собственного его твердения, но оказывает активирующее действие, стимулирует проявление вяжущих свойств золы и шлака [3].

Технические требования к золе

Золы, шлаки и золошлаковые смеси, применяемые в качестве сырья для производства искусственных пористых заполнителей, должны соответствовать требованиям настоящего стандарта ГОСТ Р 57789-2017 «Золы, шлаки и золошлаковые смеси ТЭС для производства искусственных пористых заполнителей. Технические условия» [9].

1.3.1.2 Для корректировки состава и свойств шихты для производства искусственных пористых заполнителей, содержащей золы, шлаки и золошлаковые смеси, следует вводить глинистое сырье, соответствующее ГОСТ 32026, а также легкоплавкие компоненты,

органические, минеральные и комплексные добавки, в том числе отходы промышленности.

Не допускается содержание в золах, шлаках и золошлаковых смесях посторонних загрязняющих включений (грунта, карбонатных включений, растительных и древесных остатков, строительного мусора, кирпичного и стеклянного боя и т.д.).

Удельная эффективная активность естественных радионуклидов золы, шлаков и золошлаковых смесей не должна превышать 370 Бк/кг.

Содержание основных химических составляющих должно находиться в пределах, указанных в таблице 6.

Таблица 6— Содержание основных химических составляющих.

Наименование химических составляющих	Содержание, % по массе
Диоксид кремния (SiO_2)	Не более 70
Свободный диоксид кремния ($SiO_{2св}$)	Не более 30
Оксид алюминия (Al_2O_3)	От 10 до 20
Диоксид титана (TiO_2)	От 0,5 до 1,5
Сумма оксидов железа ($Fe_2O_3 + FeO$)	От 2,5 до 10
Оксид кальция (CaO)	Не более 5
Оксид магния (MgO)	Не более 4
Сумма оксидов натрия и калия ($Na_2O + K_2O$)	От 2 до 6
Сумма соединений серы в пересчете на _____,	Не более 2
в том числе сульфидной серы	Не более 1
Остатки несгоревшего топлива (частицы углерода)	Не более 3
<p>Примечание - Допускается использование зол, шлаков и золошлаковых смесей:</p> <ul style="list-style-type: none"> - с содержанием Al_2O_3 более 20% для производства заполнителей специального назначения - жаростойких, высокопрочных заполнителей; - с содержанием остатков несгоревшего топлива более 3%, но не более 15% для производства зольного аглопорита и не более 10% в качестве добавки в глинистое сырье для производства керамзита; - с содержанием CaO от 7% до 12% в качестве добавки в глинистое сырье для производства керамзита. 	

Физические свойства золы, шлаков и золошлаковых смесей оценивают по показателям фактической влажности, дисперсности (удельной поверхности), огнеупорности. Технологические свойства откорректированной шихты оценивают по формовочной влажности, числу пластичности, оптимальной температуре термоподготовки, температурному интервалу вспучивания, коэффициенту вспучивания, плотности и прочности гранул.

Фактическую влажность золы, шлаков и золошлаковых смесей определяют по результатам испытаний проб, отобранных из мест их образования и складирования.

Формовочную влажность определяют для откорректированной шихты перед проведением всех видов испытаний.

Откорректированная шихта должна иметь число пластичности не менее 10.

Дисперсность золы, молотых шлаков и золошлаковых смесей (удельная поверхность) должна находиться в пределах от 2000 до 4000 см²/г при организации помола на месте складирования.

Остаток на сите № 008 для молотого шлака и золошлаковой смеси должен быть не более 30%, для золы – не более 5% при организации помола на месте складирования.

При организации помола на месте складирования не допускается содержание в молотых шлаках и золошлаковых смесях шлаковых включений размером более 5 мм. Содержание шлаковых включений размером от 1 до 5 мм не должно быть более 5% [9].

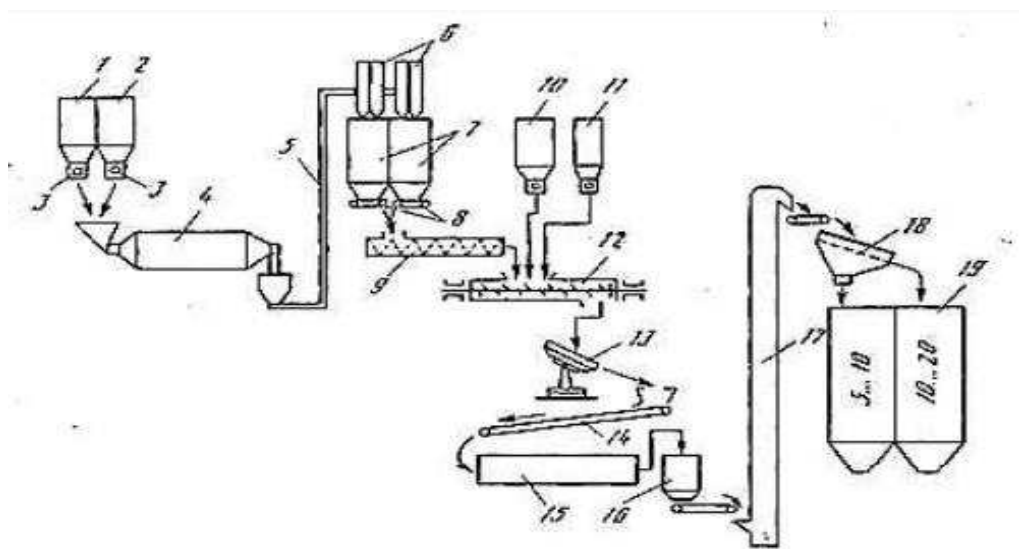
1.4 Существующие технологии изготовления для зольного гравия

На данный момент известно несколько методов изготовления искусственных пористых наполнителей на базе шлаков, золы и их смесей. Причём эти способы можно разделить на две основные группы:

– Способы, в основе которых лежит обработка сырья при помощи низких температур. Это пропаривание и сушка.

Низкотемпературный метод производства зольного гравия основан на нагревании смеси воды и золы до температуры 70–90 градусов по Цельсию. При этом используется зола с повышенным содержанием оксида кальция. Зола и вода должны перемешиваться в течение 5–8 минут при соблюдении соотношения 1:1 соответственно. В дальнейшем происходит гранулирование и твердение получаемого материала.

В.В. Куйбышев разработал технологию изготовления безобжигового зольного гравия показанного на рисунке 6. В его состав входили смеси золошлакые с добавкой 10–15% портландцемента изготовленные гранулы далее подвергаются кратковременному пропариванию 4 часа при температуре 90–95°C.

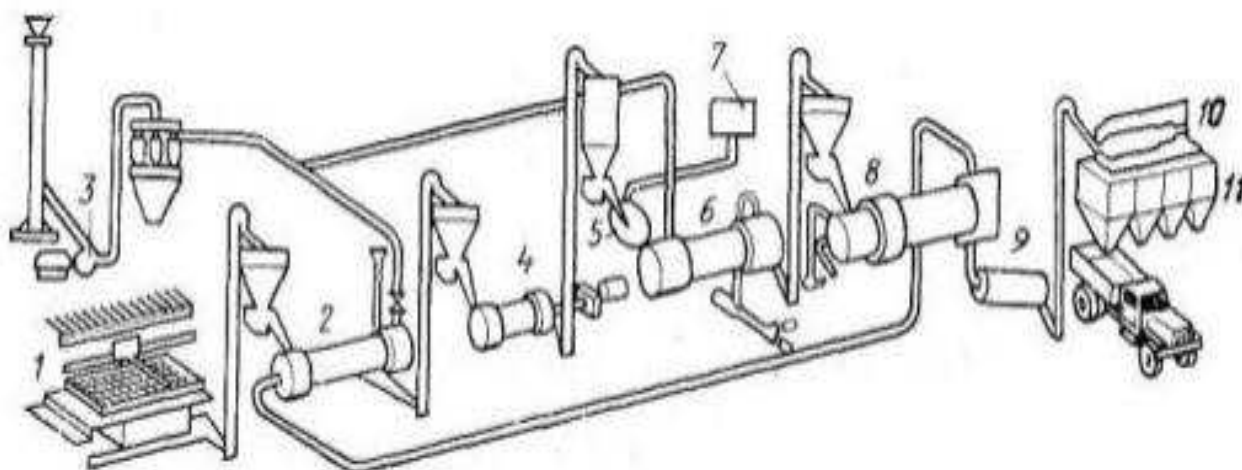


- 1 - бункер золы; 2 - бункер золы; 3 - дозатор весовой; 4 - мельница шаровая; 5 - система пневмотранспорта; 6 - циклоны; 7 - бункер золоцементной смеси; 8 - питатель ленточный; 9 - конвейер винтовой; 10 - бак воды с дозатором; 11 - ёмкость для жидких добавок с дозатором; 12 - смеситель двухканальный; 13 - гранулятор тарельчатый; 14 - конвейер ленточный; 15 - камера пропарочная; 16 - бункер приёмный; 17 - элеватор; 18 - грохот; 19 - силосы

Рисунок 2 — Технологическая схема изготовления безобжигового зольного гравия

– Способы, в основе которых лежит обработка сырья с использованием высоких температур. Это спекание, обжиг.

Высокотемпературный метод производства предусматривает высушивание, помол золы, а затем её окатывание в шарообразные гранулы диаметром порядка 15 мм. Для ускорения протекания технологического процесса золу следует смочить водным раствором ЛСТ. В дальнейшем производится подсушивание и обжиг полученных на предыдущем этапе гранул в специальных печах, температура в которых достигает 1200 градусов по Цельсию.



- 1 - ящичный подаватель с глинорыхлителем; 2 - сушильный барабан контактного нагрева;
3 - дымосос; 4 - шаровая мельница; 5 - тарельчатый гранулятор; 6 - сушильный барабан; 7
- узел приготовления жидкой добавки; 8 - прямоточная вращающаяся печь; 9 -
холодильник; 10 - грависортировка; 11 - бункера готовой продукции

Рисунок 3— Технологическая схема изготовления обжигового зольного гравия

Вывод по состоянию вопроса

Зольный гравий представляет собой искусственный заполнитель, получаемый в виде гранул из тонкомолотой, предварительно увлажненной сырьевой смеси из золы ТЭС и портландцемента с последующим твердением.

Для Сибири наиболее актуальна разработка эффективных теплоизоляционных материалов, в том числе легких зернистых, применение которых решает вопросы снижения плотности ограждающих конструкций из бетонов и их утеплителей из местных отходов ТЭС.

Применение отходов промышленности позволит снизить стоимость производства заполнителей, сохранить земельные угодья, уменьшить загрязнение окружающей среды. Использование техногенных отходов в качестве пористых заполнителей в составе бетонов всегда экономически и экологически целесообразно.

На основании изучения литературы на тему технологических схем производства зольного гравия наиболее выгодным с экономической точки зрения является безобжиговый способ. Это объясняется значительно меньшими топливно-энергетическими затратами на их производство по сравнению с обжиговыми заполнителями.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи работы:

- изучить литературные данные в области применения высококальциевой золы унос в качестве вяжущего для получения зольного гравия;
- изучить свойства высококальциевой золы-унос с ТЭЦ-2 г. Красноярск;
- изучить свойства безобжигового зольного гравия из высококальциевой золы-унос;

– разработать технологическую линию для производства безобжигового зольного гравия.

2. Экспериментальная часть

2.1 Сырьевые материалы

Для изготовления зольного гравия в качестве сырьевых материалов использовались: зола высококальцевая Красноярской ТЭЦ 2, микрокремнезём Братского алюминиевого завода, добавка хлористых солей и вода.

Зола высококальцевая ТЭЦ 2

Зола-унос это отбираемый в электрофильтре несгораемый остаток минерального происхождения, который образуется в процессе горения твердого топлива и тепловых электростанциях.

Классификация золы приведена в ГОСТ 25818-2017. Золы по виду сжигаемого угля подразделяют на антрацитовые, каменноугольные, и буроугольные. В зависимости от химического состава золы подразделяют на кислые, проявляющие пуццолановые свойства и основные, проявляющие гидравлическую активность. Так же золы подразделяются на высококальцевые (общее содержание СаО более 10%) и низкокальцевые (СаО не более 10%). В зависимости от активности золы классифицируются на активные, обладающие обладающими самостоятельными вяжущими свойствами, скрытые активные, требующие активаторов для затвердения, и инертные (золы с высоким содержанием кремнезема).

Высококальцевые золы имеют вяжущие свойства и являются многофазовыми материалами. Влияние на вяжущие свойства оказывает состав и соотношение фаз золы. Качественный баланс фаз позволяет получать предельную гидравлическую активность и улучшать химические и физические свойства материала. Получение оптимального содержания вяжущих минералов возможно в случае хорошего изучения гидравлической активности фаз и механизма взаимодействия.

Группы объединения фаз высококальциевых зол:

- клинкерные материалы (ферриты кальция, силикаты, алюминаты);
- воздушные вяжущие материалы (свободная окись магния, кальция, безводный полуводный сульфат кальция);
- По химическому составу золы и шлаки от сжигания бурых углей представлены в основном диоксидом кремния. Содержание оксида кальция достигает до 45%.

Соотношение главных оксидов в золах ТЭС:

SiO_2 – 28,2 - 55,52%

Al_2O_3 – 3,5 - 40%

CaO – 12 - 45%

Fe_2O_3 – 3,3 - 15,2%

Na_2O – 0.1 - 1.1%

K_2O – 0.2 - 1,1%

Помимо этого, в состав зол входят SO_3 , MgO , TiO_2 и др.

Высококальциевые золы и шлаки образуются при сжигании углей Канско-Ачинского бассейна (CaO – 24-40%) , бурых углей месторождения Украина и Урал, каменных углей некоторых месторождений Средней Азии и Дальнего Востока ($\text{CaO} > 10\%$), а так же горючих сланцев (CaO до 45%).

В зависимости от вида углей и условий их сжигания в золах может содержаться 1–20% и более несгоревших органических частиц топлива. Содержание остатков топлива оценивается по потерям при прокаливании пробы золы при 1000°C. Стандарты устанавливают допустимое содержание органических остатков в золах в зависимости от вида исходного угля (бурого, антрацитового, каменноугольного). По этим признакам, допустимое

содержание органических остатков колеблется в бурогольных золах в пределах 1,5 – 5%, в каменноугольных 2 – 10%, в антрацитовых 6 – 20% [10].

Физические свойства: Основными физическими свойствами зол и шлаков энергетических предприятий являются их гранулометрический состав, насыпная и истинная плотность.

Гранулометрический (зерновой) состав пылевидных зол зависит от условий подготовки топлива, его вида, режима сжигания, метода улавливания золы и места ее отбора. Более крупные частицы золы улавливаются циклонами, мелкие – электрофильтрами, стоит отметить, что на каждом поле электрофильтра собирается определенная фракция золы. Например, зола из циклонов Троицкая ГРЭС содержат 52–70% мельчайших частиц размером менее 50мкм, тогда как электрофильтровая зола со второго поля содержат 59–88% таких частиц, с третьего поля – 76–98%, при этом фракция золы с четвертого поля электрофильтра практически целиком состоит из мельчайших частиц. Наряду с этим происходит разделение по крупности и по химическому и фазовому составу. Максимальное содержание стекловидных частиц имеют мельчайшие фракции золы. Чем крупнее фракция, тем выше в ней содержание агрегированных, шероховатых пористых частиц.

Системы совместного гидроудаления золы и шлака направляют в отвалы полидисперсные шлакозольные смеси. Рядом с местом выпуска пульпы образуется шлаковая зона отвала с преобладанием частиц крупнее 0,3 мм, в отдалении – зольная зона с частицами менее 0,25 мм.

В стандартах разных стран используется характеристика дисперсности золы, оцениваемая по удельной поверхности, которая должна быть не менее 2700 – 4000см²/г. Этим подчеркивается желательность, использования мелких фракций золы.

От гранулометрического, химического и фазового состава золы зависят ее насыпная плотность, которая для различных зол находится в пределах 650

– 1400 кг/м³. Истинная плотность зол различных углей может колебаться от 1,75 до 3,5 г/см³ и в среднем составляет 2,1–2,4 г/см³. Топливные гранулированные шлаки имеют крупность зерен 12–17 мм, истинную плотность 2,91–3,28 г/см³, насыпную плотность 1200–1350 кг/м³ [10].

Химическая активность является наиболее важным свойством зол и шлаков ТЭС, обуславливающим возможность их применения в составе вяжущих веществ и бетонов. Способность к непосредственному взаимодействию с водой топливные золы и шлаки, как правило, не обладают. Это характерно лишь для высококальциевых зол, содержащих свободные оксиды кальция.

По содержанию СаО буро-угольные золы подразделяются на:

– среднекальцевые – содержат 20–30% СаО общего и до 3% СаО в свободном виде

– высококальцевые – содержат 30–45% СаО общего, до 9 % СаО свободного. Такие золы характеризуются ярко выраженными вяжущими свойствами, могут применяться как самостоятельное вяжущее.

– ультравысококальцевые – содержат более 45% СаО_{общего} и более 10% СаО_{свободного}.

Технологические свойства: основным технологическим свойством основных зол является гидравлическая активность, которая оценивается по тем же показателям что и для цемента.

1. Дисперсность – оценивается по остатке на сите №008.

2. Нормальная густота – величина количества воды приходящая на единицу массы вяжущего, выражаемая в %, для получения теста стандартной консистенции. В отличии от цемента у которого НГ = 25–28%, для золы НГ= до 40% , так как зола содержит пористые частицы.

3. Сроки схватывания. Начало схватывания – время от момента затворения, когда золу смешивают с водой, до момента погружения иглы на 1–2 мм. Конец схватывания – игла не доходит до дна на 1–2 мм. Для золы

начало схватывания 10–15 минут и более, конец – в зависимости от состава золы

4. Активность, определяемая по способности зольного теста образовывать камневидное тело. Характеризуется прочностью при изгибе и сжатии контрольных образцов изготовленных из зольного теста нормальной густоты [9]

$$R_{изг} = \frac{3Pl}{2bh^2}$$

где P – разрушающая нагрузка, Н; l – расстояние между опорами, см; b – ширина образца, см; h – высота образца, см.

$$R_{сж} = \frac{P_{сж}}{F}$$

где $P_{сж}$ – разрушающая нагрузка, Н; F – площадь поперечного сечения образца, м².

Основные характеристики золы-унос используемого при приготовлении зольного гравия представленные в таблицах 7 и 8 [11].

Таблица 7– Химический состав золы-унос

Зола-унос	п.п.п	SiO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CaO _{св}
ТЭС-2	0,78	35,6	8,21	8,8	28,73	3,44	3,9	5,02

Таблица 8 –Физико-химический свойства золы-унос ТЭЦ-2 г. Красноярск.

Место отбора золы	Удельная поверхность см ² /г	Остаток на сите №008 %	Нормаль на густота	Сроки схватывания ч-мин		Пределы прочности после тепловой обработки			
				Начало	Конец	При изгибе		При сжатии	
						1 сутки	28 сутки	1 сутки	28 сутки
Красноярская ТЭЦ-2	3434	12,1	26,75	0-30	1--20	1,1	2,4	6,5	7,95

Эффективность использования основной золы:

По данным Минприроды России на российских угольных электростанциях образуется примерно 22 млн. тонн золошлаковых отходов, которые почти никак не утилизируются, из-за чего общий объем накоплений ЗШО неуклонно растет и сегодня составляет примерно 1,5 млрд. тонн. Золоотвалы в России занимают примерно 30 тыс. га территории.

В последнее годы в связи с возрастанием объемов золы значительное развитие получили исследование эффективных методов утилизации. В настоящее время основными потребителями золы по известным технологически процессам является строительная индустрия.

Патент в области использования золы унос в качестве строительной конструкции был получен в 1985 году, автором изобретения Лотерс Хендрик. Целью изобретения является изобретение повышение прочности на сжатие и трещиностойкости. Это достигается, тем что в способе изготовления строительного изделия, включающем приготовление сырьевой смеси путем перемешивания часть смеси гранулируют, полученные гранулы выдерживают при 100°С в пропарочной камере и атмосферном давлении и выдержанные гранулы смешивают с остальной смесью, после чего формованное изделие выдерживают в пропарочной камере при атмосферном давлении и температуре 100°С.



Рисунок 4— Отрасли применения золошлаковых отходов

Уловленная зола-унос и пыль тепловой электростанции широко применяется в технологическом процессе при изготовлении строительных конструкций, примерами могут быть кирпичи, бетонные камни, аглопорит и керамзит, заполнителя для бетона и асфальтобетона, зольный гравий. Список материалов получаемых с применение золы-унос представлен на рисунке 5 [2].

Благодаря своей гидравлической активности могут применяться как, самостоятельное вяжущее в растворах и низкомарочных бетонах, а также в замен части цемента для его экономии в бетонах общестроительного назначения. Для успешного использования таких зол, содержащих большое количество CaO в свободной форме, требуется его нейтрализация или активация.

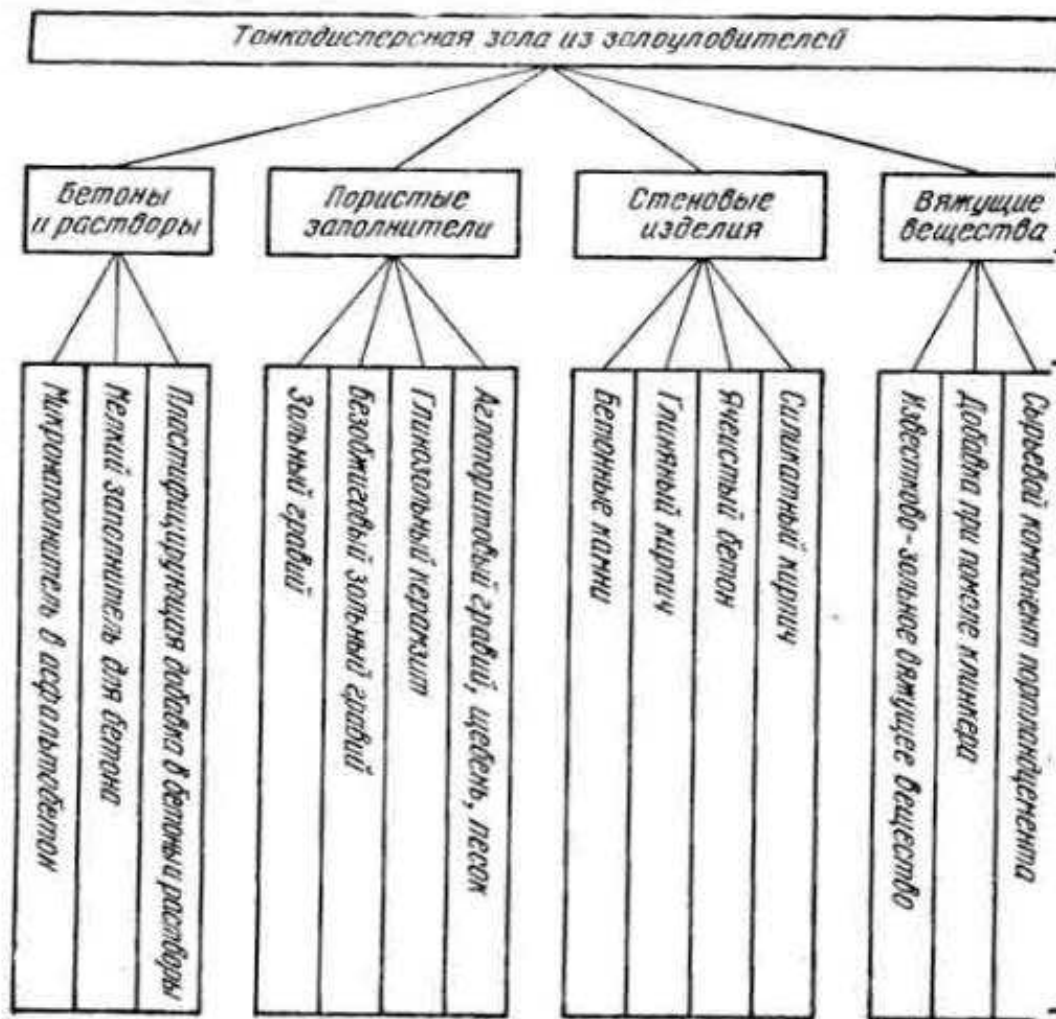


Рисунок 5— Схема использования золы ТЭС в производстве строительных материалов

Пуццолановой активностью, т.е. способностью при обычных температурах связывать гидроксид кальция с образованием нерастворимых соединений дает возможность гидравлического (сначала на воздухе, а затем и в воде) твердения вяжущих смесей из извести или портландцемента с золой или шлаком.

В настоящее время в России утилизации подвергаются 10 % от общего объема накопленных золошлаковых отходов. Высокие экономические затраты на содержание, реконструкции и строительство новых

золошлакоотвалов, на которых размещают ЗШО, а так же их отрицательное воздействие на окружающую среду, требуют рационального использования их утилизации с получением экологической и экономически выгодной продукции на их основе [2].

Микрокремнезём

Микрокремнезём относится к активным минеральным добавкам техногенного происхождения, получаемый при производстве металлического кремния и его сплавов. Микрокремнезём состоит из ультрадисперсных частиц, $d = 0,1 - 0,3$ мкм, с удельной поверхностью $S_{уд} = 12 - 25 \frac{м^2}{г}$.

Основным компонентом микрокремнезёма является диоксид кремния SiO_2 в аморфной модификации (химически активной).

Образуется микрокремнезём как побочный продукт при получении ферросплавов (силицидов) или сплавов кремния и чистого металлического кремния. Кремний восстанавливается при $t = 1800^\circ C$, при такой температуре часть кремния переходит в газообразную форму, перемещается в область более низких температур в печи. При контакте с воздухом окисляется и конденсируется в виде сферических частиц, состоящих из аморфного кремнезёма.

Насыпная плотность микрокремнезёма $\rho_n = 150 - 250 \frac{кг}{м^3}$ при $d_{частиц} = 0,1 - 0,3$ мкм

Истинная плотность $\rho_{и} = 2,2 - 2,26 \frac{г}{см^3}$

Марки в зависимости от основного активного компонента диоксида кремния: МК-85, МК-65, МК-45. Значения марок представлены в таблице 9.

Таблица 9— Значение марок

Наименование показателя	Значение для марок		
	МК-85	МК-65	МК-45
Внешний вид	Тонкодисперсный порошок серого цвета		

Содержание по массе:			
- SiO_2	85	65	45
- CaO, % (не более)	3	5	10
- NaO + K_2O , % (не более)	2	2	2
- SO_3 , % (не более)	0,6	0,6	0,6
- ППП, %	3	5	7
- W, % (не более)	3	3	3
- Водопотребность, % (не более)	40	40	40

Наиболее эффективным по химическому составу является кремнезём марки МК-85, получаемый при производстве кристаллического кремния. Марки МК-65 и Мк-45 получают при производстве сплавов кремния.

Отпускные формы микрокремнезёма:

На предприятиях, где образуется микрокремнезём, может отпускаться потребителю в трёх формах:

- в виде уплотнённого пылевидного материала
- в виде полуфабрикатов: сухого порошка или брикетов из него
- в виде водной концентрированной суспензии

Отпуск потребителю и применение в уплотнённом состоянии является нетехнологичным с точки зрения пыления и высокой стоимости транспортирования.

Порошкообразный микрокремнезём получают в результате гранулирования дисперсных частиц в специальных ёмкостях, куда загружается уплотнённый материал и подвергается обработке потоком воздуха в течении 10 часов. В результате чего частицы гранулируются и приобретают $\rho_{н.с.} = 400 - 500 \frac{кг}{м^3}$. В дальнейшем такой порошкообразный материал прессуют в брикеты на специальных прессах и в таком виде отправляют потребителю.

В данной работе используем микрокремнезем марки МК–85 так как он является наиболее эффективным по химическому составу в отпускной форме в виде брикетов [12].

Добавка хлорида

Добавка хлорида- это специально приготовленная добавка, в составе которой содержатся хлористый натрий и хлористый кальций. Данная добавка необходима для ускорения и интенсификации твердения зольных композиций.

2.2 Методики проведения исследований

Исследование зольного вяжущего

Определение нормальной густоты

Определение нормальной густоты проводится по ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема» [13]

Перед проведением испытания отвешиваем 384г золы, 16 г микрокремнезёма 46 мл добавки хлорида, высыпав в чашу, предварительно протёртую влажной тканью. Затем делаем углубление, добавляем добавку хлорида в количестве 46 мл и воду в количестве 95мл. После прилива воды начинаем растирать и перемешивать смесь в течении 5 мин.

После окончания перемешивания сразу же наполняем кольцо зольным тестом и встряхиваем 5-6 раз. Поверхность зольного теста выравнивают с краями кольца, срезая избыток теста ножом, протёртым влажной тканью. Далее приводим пестик прибора в соприкосновение с поверхностью теста и закрепляем стержнем стопорным устройством, затем резко освобождаем его и даём пестикку свободно погрузиться в тесто. через 30 секунд с момента освобождения стержня проводят отчёт погружения по шкале прибора. Если консистенция теста не соответствует, то изменяем количество воды и вновь затворяем тесто, чтобы пестик не доходил до дна пластинки. на которой установлено кольцо на 5-7мм.

Определение сроков схватывания

Определение сроков схватывания проводится по ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема»

Иглу прибора Вика приводим в соприкосновения с зольным тестом нормальной густоты. В таком положении закрепляем стержень стопором и затем, освобождаем его и даём свободно погрузиться в зольное тесто. Так как в начале испытания тесто находится в пластичном состоянии, можно слегка задерживать иглу, чтобы не было сильного удара о пластинку. Далее, когда тесто немного загустеет, даём игле свободно погружаться.

Погружаем иглу каждые 10 мин, меняя её место погружения. После каждого погружения вытираем иглу.

Началом схватывания зольного теста считают время, прошедшее от начала затворения (момент когда влили воду) до того момента, когда игла не доходит до дна пластинки на 2-4 мм. Концом схватывания зольного теста считается время от начала затворения водой до того момента, когда игла погружается в тесто не более чем на 1-2 мм.

Определение равномерности изменения объёма

Определение равномерности изменения объёма по ГОСТ 310.3-76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема»

Для испытания используем тесто нормальной густоты.

Берём две навески массой 75 г каждая, которые приготовлены в виде шариков. Шарик помещаем на стеклянную пластинку, протёртую машинным маслом. Постукиваем пластинкой об основание до того момента, пока шарики не превратятся в лепёшки диаметром 7-8 см и толщиной около 1 см. Смачиваем водой нож и заглаживаем края лепёшек от наружи к центру, пока не образуются острые края и гладкая поверхность.

Приготовленные лепёшки храним 24 ± 2 ч в ванне с гидравлическим затвором с момента изготовления, а затем подвергаем их испытанию на кипячение.

После того как мы вытащили образцы с ванны помещаем их в бачок с водой на решётку. воду в бачке доводим до кипения и поддерживаем его в течении 3 часов. после чего вынимаем лепёшки, охлаждаем и проводим внешний осмотр.

лепёшки не должны содержать радиальных трещин, доходящих до краёв, видимых трещин, искривлений и увеличений объёма. Чтобы обнаружить искривления мы прикладываем линейку к плоской поверхности лепёшки, они не должны превышать 2 мм на краю или в середине.

Определение прочности

Определение прочности при изгибе и при сжатии по ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.

Для определения прочности изготавливаем образцы–балочки из зольного раствора нормальной густоты. Для каждого испытания изготавливаем три образца.

Предварительно смазанную маслом форму заполняем раствором на 1 см и включаем вибрационную плиту, чтобы смесь уплотнилась. Вибрация длится 3 мин. Снимаем форму с виброплощадки и удаляем избытки раствора влажным ножом. Образцы маркируем.

После изготовления образцы храним в ванне с гидравлическим затвором или в шкафу, с влажностью воздуха не менее 90%.

После этого расформовываем образцы и укладываем в ванну с водой. Вода должна покрывать образцы не менее чем на 2 см. воду меняем через каждые 14 суток, температура воды $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

После прошедшего времени вынимаем образцы из воды и подвергаем испытанию.

Определение предела прочности при изгибе

Устанавливаем образец на опорные элементы так, чтобы его горизонтальные грани находились в вертикальном положении. Схема расположения на рисунке 8. Предел прочности вычисляем как среднее арифметическое значение двух наибольших результатов испытания трёх образцов.

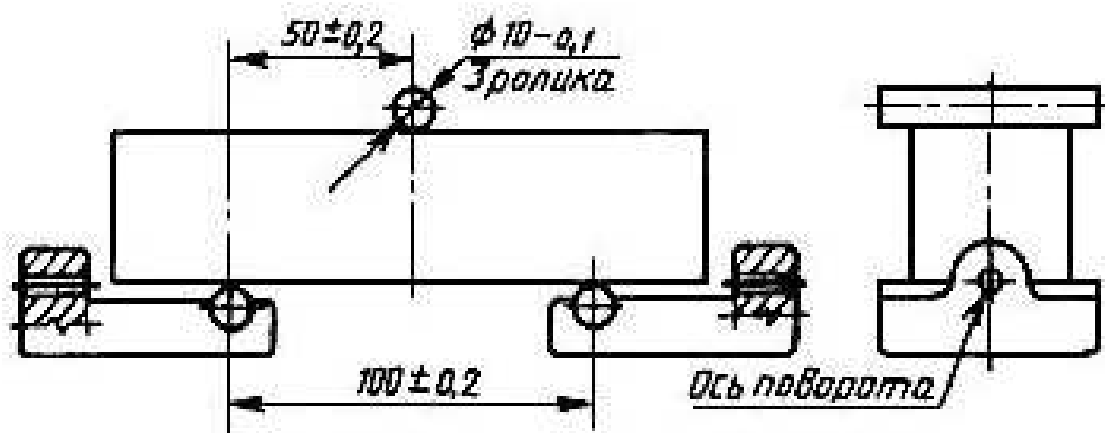
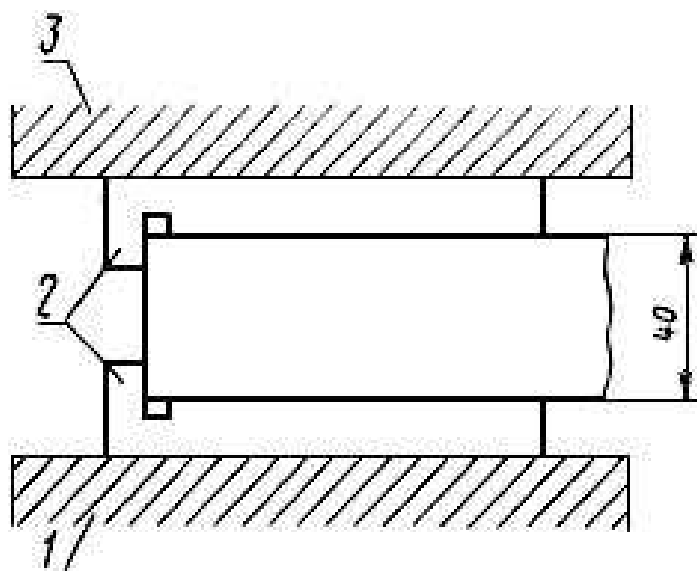


Рисунок 7—Схема расположения на опорных элементах

Определение предела прочности при сжатии

После испытания на изгиб мы испытываем 6 полученных половинок, половинку балочки помещаем между двумя пластинками, так как показано на рисунке 8. Образец вместе с пластинками центрируют на опорной плите прессы. Средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть $(2,0 \pm 0,5)$ МПа/с.



1 - нижняя плита пресса; 2 - пластинки; 3 - верхняя плита пресса

Рисунок 8– Положение образца между нажимными пластинками при испытании на сжатие

Предел прочности при сжатии отдельного образца вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки (в кгс) на рабочую площадь пластинки (в см), т.е. на 25 см^2 .

Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания шесть образцов [13].

Исследование свойств зольного гравия

Исследование зольного гравия проводится в соответствии ГОСТ 9758–2012 «Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний» [14].

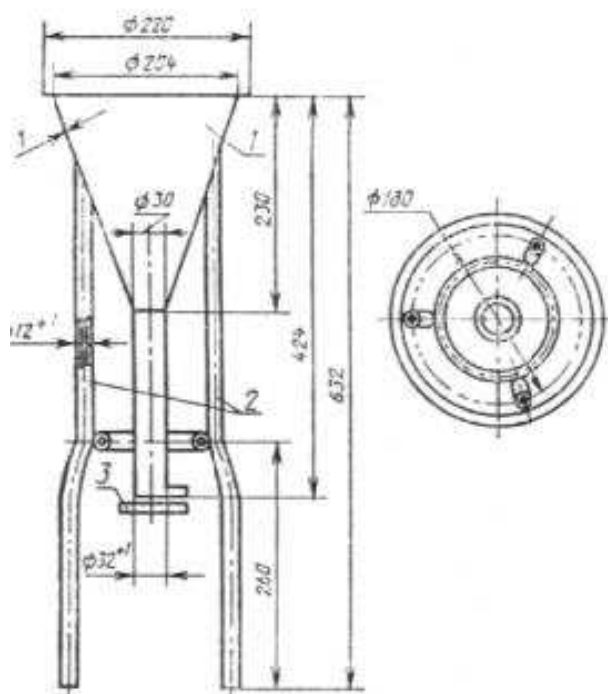
В таблице 10 представлены объёмы избираемой пробы для проведения испытаний

Таблица 10—Объем лабораторной пробы, отбираемой для испытаний

Наименование показателя	Объем избираемой пробы, л. При фракции зёрен 10-20мм.
Насыпная плотность	20
Влажность	3
Водопоглощение крупного заполнителя	3
Прочность заполнителя при сдавливании в цилиндре	6

Зольный гравий для проведения испытаний изготавливали вручную. Отвешиваем 384г золы, 16 г микрокремнезёма 46 мл, добавки хлорида, высыпаяем в чашу, предварительно протёртую влажной тканью. Затем делаем углубление, добавляем добавку хлорида в количестве 46 мл и воду в количестве 95мл. После проливания воды начинаем растирать и перемешивать смесь в течении 5 мин. Полученную смесь окатываем в гранулы вручную, окатанные гранулы выдерживаем в течении 4 часов и далее отправляем на пропаривание на 5 часов.

Определение насыпной плотности



1— воронка, 2— опоры, 3— заслонка

Рисунок 9— воронка для определения насыпной плотности

Для определения насыпной плотности, высушенный до постоянной массы заполнитель высыпается в предварительно взвешенный мерный сосуд объемом 5 л с высоты 100 мм над его верхним краем до образования над верхом сосуда конуса. Конус удаляют металлической линейкой вровень с краями сосуда и взвешивают.

Размеры мерного сосуда для испытания заполнителя в лабораторных условиях в зависимости от наибольшей крупности зерен заполнителя принимают по таблице 11.

Таблица 11 – Размеры мерного сосуда в зависимости от крупности зерен заполнителя

Наибольшая крупность зёрен заполнителя, мм	Объём мерного сосуда, л	Размер сосуда, мм		Объём пробы, л
		Диаметр	Высота	
5 и менее	1	108	108,5	1,5
10	2	137	136,5	3,0
20	5	185	186,5	6,5
40	10	234	233,8	11,5

Насыпную плотность заполнителя $\rho_n, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ вычисляют с точностью до $10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m_2}{V},$$

где m_1 – масса мерного сосуда с заполнителем, кг; m_2 – масса мерного сосуда, кг; V – объем мерного сосуда, м^3 .

Предельное допустимое расхождение между результатами двух испытаний должно быть не более 5%.

Насыпную плотность заполнителя рассчитывают как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний, при проведении которых каждый раз используют новую пробу заполнителя.

Определение влажности заполнителя

Для определения влажности берём пробу заполнителя объёмом 3л и делим на пробы по 1 л. Каждую пробу заполнителя сразу всыпаем в предварительно взвешенный сосуд и взвешиваем вместе с сосудом, затем пробу высушиваем до постоянной массы и снова взвешиваем.

Влажность заполнителя , % по массе, вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100,$$

где m_1 — масса навески в состоянии естественной влажности, вычисленная по разности масс сосуда с навеской и без нее, г; m_2 — масса навески в сухом состоянии, вычисленная по разности масс сосуда с высушенной до постоянной массы навеской и без нее, г.

Влажность заполнителя считают с точностью до 0,1% как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний. Для пористого песка марок по насыпной плотности 250 и менее вычисление ведут по результатам трех испытаний.

Определение водопоглощения крупного заполнителя

Водопоглощение крупного заполнителя определяют по разности масс навески до и после насыщения ее водой.

Для определения водопоглощения пробу крупного заполнителя объёмом 3 л высушиваем до постоянной массы и отсеиваем частицы мельче 5 мм на сите с отверстиями диаметром 5 мм в течение 2–3 мин, после чего пробу делим пополам на две навески и каждую навеску взвешиваем.

Навеску заполнителя помещаем в контейнер, закрываем крышкой и медленно погружаем в воду, встряхиваем для удаления пузырьков воздуха из заполнителя. Выдерживаем в воде в течение 1 ч, после чего достаём из

воды контейнер, подвешиваем и даём избыточной воде стечь в течение 10 минут. Затем, навеску заполнителя вынимаем из контейнера и сразу же взвешиваем на технических весах.

Водопоглощение крупного заполнителя за 1 ч ($W'_{\text{погл}}$), % по массе, вычисляют по формуле:

$$W'_{\text{погл}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100,$$

где m_1 — масса ухой пробы заполнителя, г; m_2 — масса пробы заполнителя, насыщенного водой, г.

За результат испытания принимаем среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний.

Водопоглощение крупного заполнителя $W_{\text{погл}}$, % по объему, вычисляют по предварительно установленному значению средней плотности зерен крупного заполнителя по формуле:

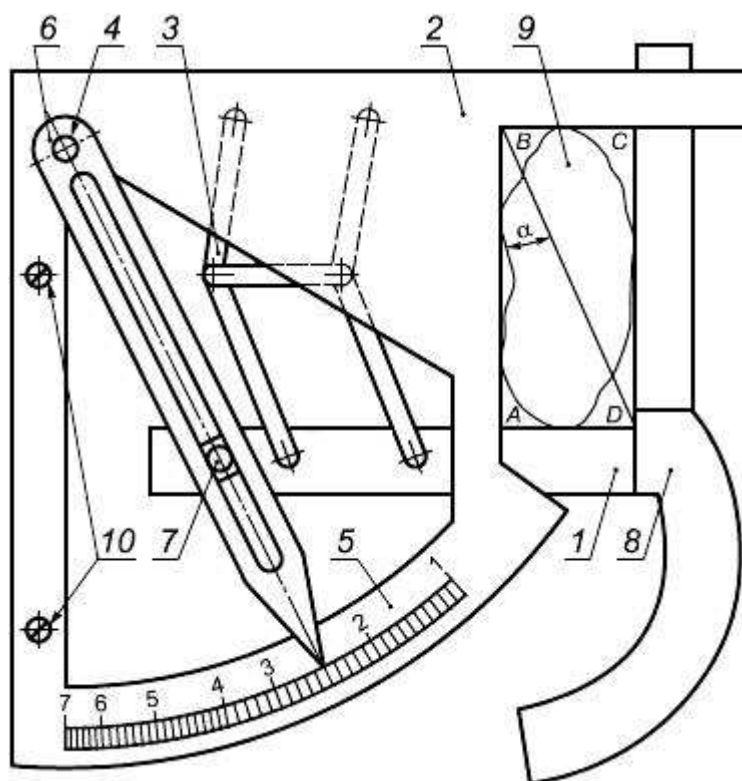
$$W_{\text{погл}} = W'_{\text{погл}} \frac{\rho_{\text{к}}}{\rho_{\text{в}}},$$

где $\rho_{\text{к}}$ — средняя плотность зёрен крупного заполнителя $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; $\rho_{\text{в}}$ — плотность воды, равная $1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$; $W'_{\text{погл}}$ — водопоглощение крупного заполнителя за 1 час, %

Определение коэффициента формы зерен крупного заполнителя

Измеряют наибольший и наименьший размеры зерна крупного заполнителя формомером или штангенциркулем.

Коэффициент формы зерна вычисляем делением наибольшего размера зерна на наименьший.



1 - подвижный угольник; 2 - неподвижный угольник; 3 - двойной шарнирный параллелограмм; 4 - кулиса-стрелка; 5 - шкала; 6 - ось поворота; 7 - ось ползуна; 8 - рукоятка; 9 - зерно щебня; 10 - инвентарные винты

Рисунок 10— Формомер

От лабораторной пробы испытуемой фракции крупного заполнителя отбираем 50 зерен.

С помощью формомера (рисунок 10) или штангенциркуля измеряем наибольший и наименьший размеры каждого зерна.

Для этого перед началом испытаний формомер крепим к столу двумя винтами так, чтобы измерительный контур подвижного угольника был вне стола. Для измерения берём зерно гравия и помещаем вдоль длинной стороны в угольник. Изменяем положение рукоятки пока она не соприкоснётся с зерном обеих сторон угольника. Стрелка должна быть параллельна диагонали прямоугольника. При этом длина и толщина зерна совпадают с размером длинной и короткой стороны прямоугольника. Отношение указанных размеров зерна равно отношению размеров сторон

прямоугольника или в значениях которого проградуирована шкала.

При отсутствии формомера наибольший и наименьший размеры каждого зерна измеряют штангенциркулем с точностью до 1 мм.

Коэффициент формы каждого зерна вычисляют по формуле:

$$K_{\varphi i} = \frac{D_{\text{наиб}}}{D_{\text{наим}}},$$

где $D_{\text{наиб}}$ – наибольший размер зерна, мм; $D_{\text{наим}}$ – наименьший размер зерна, мм.

Рассчитывают среднее значение коэффициента формы зерен крупного заполнителя по формуле:

$$K_{\text{ф.к}} = \frac{\sum K_{\varphi i}}{n},$$

где $K_{\varphi i}$ – коэффициент формы n -го зерна; n – число измеренных зерен.

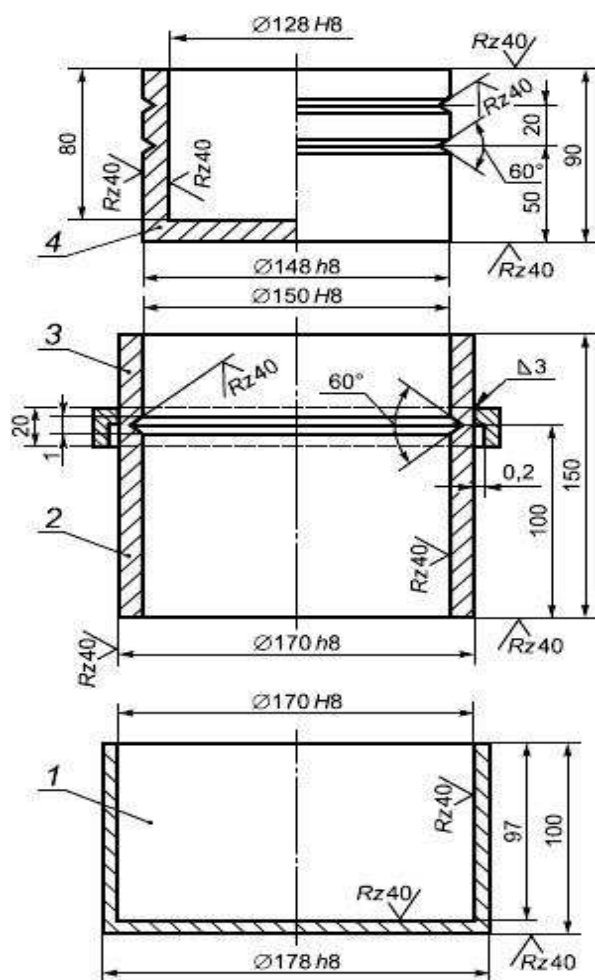
Рассчитывают в процентах от общего числа измеренных зерен число зерен с коэффициентом формы более 2,5.

Определение прочности заполнителя при сдавливании в цилиндре

Прочность заполнителя при сдавливании в цилиндре определяют по нагрузке, соответствующей погружению плунжера на 20 мм в слой испытываемой пробы заполнителя.

Прочность при сдавливании в цилиндре крупного заполнителя определяют для фракций 5–10; 10–20; 20–40мм.

Берём пробу, на которой определяли насыпную плотность. Объём пробы заполнителя бл. Перед испытанием высушиваем пробу заполнителя в сушильном электрошкафу до постоянной массы.



1 - поддон; 2 - цилиндр; 3 - приставка; 4 - пуансон

Рисунок 11 – Стальной составной цилиндр

Из высушенной лабораторной пробы отвешиваем навеску объемом 2 л и совком насыпают ее с высоты 100 мм в стальной цилиндр с поддоном так, чтобы после разравнивания металлической линейкой верхний уровень заполнителя доходил до верхнего края цилиндра.

Взвешиваем остаток заполнителя, не вошедший в цилиндр, и по разности масс взятой навески и остатка определяем массу заполнителя в цилиндре. Насыпную плотность заполнителя в цилиндре определяют делением массы заполнителя на его объем в цилиндре.

Если отклонения полученных значений насыпной плотности от насыпной плотности испытуемой фракции, определенной по методике,

приведенной в задании 1, превышают минус 4%, плюс 2% для гравия или щебня фракций 5–10 и 10–20 мм, то повторно определяют насыпную плотность в цилиндре на другой навеске заполнителя.

В случае если насыпная плотность заполнителя в цилиндре совпадает с насыпной плотностью заполнителя, определенной по заданию 1 (в пределах допустимого разброса), проводят испытание заполнителя на прочность.

Цилиндр с плунжером помещают на подушку гидравлического пресса, сдавливают заполнитель до погружения плунжера на 20 мм (до верхней риски) и отмечают показание стрелки манометра в этот момент.

Вдавливание пуансона должно проводиться без перекоса со скоростью 0,5–1,0 мм/с.

Прочность при сдавливании заполнителя в цилиндре, МПа ($\frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}$), вычисляют по формуле:

$$R_{\text{сл}} = \frac{P}{F},$$

где P – нагрузка при сдавливании заполнителя, соответствующая погружению плунжера на 20 мм (до верхней риски), Н (кгс);
 F – площадь поперечного сечения цилиндра, равная $0,0177\text{м}^2$ (177см^2).

Прочность заполнителя отдельной фракции при сдавливании в цилиндре вычисляют для каждой фракции заполнителя как среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний двух параллельных определений для каждой фракции заполнителя [14].

2.3 Результаты разработки состава безобжигового зольного гравия и изучения его свойств

Для изготовления лабораторной пробы безобжигового зольного гравия, была использована высококальциевая зола-унос Красноярской ТЭЦ 2, как

наиболее активная, с точки зрения вяжущих свойств. Состав композиции для изготовления зольного гравия был принят по результатам предыдущих исследований кафедры «Строительные материалы и технологии строительства», на которой выполнялась выпускная квалификационная работа. Дополнительно было изучено, как влияет микрокремнезём на свойства зольной композиции, так как каждая конкретная партия золы отличается специфическими свойствами. В нашей работе влияние расхода микрокремнезема на свойства зольного теста и камня показано в табл. 12.

Таблица 12– Влияние микрокремнезёма на свойства зольного теста и камня

Масса отбора золы	Содержание % по массе		Нормальная густота %	Сроки схватывания, ч-мин		Результаты испытаний РИО	Прочность после ТВО			
	Зола	МК		Начало	Конец		1 сутки		2 сутки	
			R _{изг}				R _{сж}	R _{изг}	R _{сж}	
1	100	-	23	0-30	1-20	-	1,1	6,5	2,1	7,95
2	96	4	24	0-53	1-36	+	1,4	12,7	3,1	21,3
3	94	6	25	0-47	1-24	+	1,4	12,6	3,0	20,0
4	92	8	26	0-40	1-09	+	1,3	12,4	3,0	19,8
5	90	10	27	0-37	0-42	+	1,2	12,3	2,9	19,6

Установлено, что лучшими показателями характеризуется состав, в котором содержится 4 % микрокремнезема. Благодаря его пуццолановой активности прочность высококальциевой золы увеличивается в три раза в сравнении с прочностью чистой золы. При этом образцы зольного камня выдерживают испытания на равномерность изменения объема за счет связывания свободного оксида кальция.

Для ускорения набора прочности в состав композиции дополнительно вводили раствор добавок-хлоридов, относящихся к добавкам-электролитам, способных вступать в дополнительную реакцию с исходными минералами

вяжущего и продуктами его гидратации. Раствор добавки готовили в лабораторных условиях, в его состав входили хлориды кальция и натрия. В состав зольной композиции добавку вводили в количестве 2 % по массе сухого вещества от массы вяжущего.

Состав сырьевой смеси для приготовления зольного гравия приведен табл. 13.

Таблица 13— Состав сырьевой смеси для изготовления зольного гравия

Наименование	На 1 м ³
Зола	650кг
Микрокремнезём	26кг
Добавка хлористых солей	2% от массы вяжущего, 13, 52 кг

Свойства получаемого безобжигового зольного гравия из высококальциевой золы Красноярской ТЭЦ-2 г. Красноярска, представлены в таблице 14.

Таблица 14— Свойства безобжигового зольного гравия

№	Наименование показателя	Значения показателей	
		полученного зольного гравия	требуемые ГОСТ
1	Насыпная плотность, кг/м ³	670	M450-M900
2.	Влажность, %	4,8 %	5%
3	Водопоглощение, %	18,6	20-25
4	Коэффициент формы зерна	1,35	не более 1,5
5	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа / марка	3,6 / П150	П50-П250

Полученный в исследованиях безобжиговый зольный гравий характеризуется насыпной плотностью 670 - 680 кг/м³, прочностью 3,1- 4,9 Мпа и соответствует требованиям ГОСТ по водопоглощению и коэффициенту формы зерна.

Вывод по экспериментальной части

В качестве сырья выбираем высококальцевую золу–унос Красноярской ТЭЦ 2, которая, благодаря своей гидравлической активности может применяться как самостоятельное вяжущее вещество.

В качестве добавок используем: микрокремнезем марки М85 для повышения прочности зольного гравия и так же для нейтрализации свободного оксида кальция и добавку хлоридов для ускорения твердения сырьевой композиции.

Полученный зольный гравий соответствует требованиям ГОСТ.

2. Технологическая часть

При разработке технологии изготовления безобжигового зольного гравия используем результаты и состав сырьевой смеси, полученные в экспериментальной части.

3.1 Выбор технологической схемы

При разработке технологии изготовления безобжигового зольного гравия используем результаты и состав сырьевой смеси, полученные в экспериментальной части.

3.1 Выбор технологической схемы

3.1 Выбор технологической схемы

На данный момент известно несколько методов изготовления искусственных пористых наполнителей на базе шлаков, золы и их смесей.

Причём эти способы можно разделить на две основные группы:

1. Способы, в основе которых лежит обработка сырья при помощи низких температур. Это пропаривание, сушка.
2. Способы, в основе которых лежит обработка сырья с использованием высоких температур. Это спекание, обжиг.

Низкотемпературный метод производства зольного гравия основан на нагревании смеси воды и золы до температуры 70-90 градусов по Цельсию. При этом используется зола с повышенным содержанием оксида кальция. Зола и вода должны перемешиваться в течение 5-8 минут при соблюдении соотношения 1:1 соответственно. В дальнейшем происходит гранулирование и твердение получаемого материала.

Высокотемпературный метод производства предусматривает высушивание, помол золы, а затем её окатывание в шарообразные гранулы диаметром порядка 15 мм. Для ускорения протекания технологического процесса золу следует смочить водным раствором ЛСТ. В дальнейшем производится подсушивание и обжиг полученных на предыдущем этапе

гранул в специальных печах, температура в которых достигает 1200 градусов по Цельсию.

Выбор того или иного метода обработки сырья зависит, в первую очередь, от исходных свойств первичного продукта. Их учёт позволяет выбрать оптимальный температурный режим, при котором будут созданы наилучшие условия для вспучивания сырцовых зёрен.

Широкое распространение в практической деятельности получил пластический метод. Он подразумевает обработку первичного сырья в увлажнённом состоянии. При этом используются глиномешалки и иные подобные аппараты по аналогии с производством кирпича. В дальнейшем из получившейся массы на шнековых прессах или вальцах готовят гранулы в виде небольших цилиндров. Последние, в свою очередь, окатываются либо в процессе перевозки, либо посредством особой обработки.

Качество производимого гравия во многом зависит от качества первичного сырья. Поэтому особое внимание стоит обратить на обработку глины и формирование гранул с одинаковым диаметром и плотностью. При этом диаметр гранул подбирается исходя из необходимой крупности производимого гравия. При этом следует учитывать предполагаемую степень вспучивания конкретного типа сырья. Если влажность гранул не превышает 20 %, то их можно сразу отправлять в печь. Возможно предварительное подсушивание в специальных барабанах или иных аппаратах с необходимой температурой воздуха. Это связано с тем, что подсушенные гранулы ощутимо повышают производительность печи.

Так называемый мокрый метод получения гравия основывается на разведении золы в воде. Для этого используются особые ёмкости – болтушки для глины. При этом степень влажности получаемого шлама держится на уровне около 50 %. В дальнейшем шлам с помощью насосов подаётся в специальные бассейны и затем в печи. Во вращающейся печи имеются специальные цепи. Они выполняют функцию теплообменника – происходит

нагревание цепей печными газами и подсушивание шлама. Затем происходит разбивание получившейся массы на гранулы, их окатывание, подсушивание, нагревание и вспучивание. Основным недостатком рассмотренного метода является большой расход топлива, который представляет собой следствие высокой влажности пульпы (шлама). Но, имеются и несомненные преимущества. Это возможность достигнуть гомогенности пульпы, относительная простота технологического процесса.

В рамках данной работы рассматривается технология изготовления зольного гравия без обжига порошково-пластическим методом. Порошково-пластический метод имеет свои отличия от пластического метода. Рассматриваемый способ производства гравия заключается в том, что сначала из первичного сырья получается порошок. В дальнейшем к порошку добавляется вода, и образуется особая пластичная масса. Из последней формируются гранулы по вышеописанным методикам. Конечно, в данном случае необходим помол и предварительная сушка. Но, эти технологические операции имеют свой смысл. Дело в том, что при имеющейся неоднородности первичного сырья его лучше перемолоть. К тому же, в случае необходимости добавления тех или иных присадок, гомогенная масса более удобна. Её гораздо легче перемешивать. Помимо этого, при наличии в сырье посторонних объектов отпадает проблема их опасности, так как они будут находиться в размельчённом состоянии.

В случае, когда все вышеописанные технологические мероприятия приводят к повышению качественных характеристик готового продукта, они обязательно должны применяться. Если рассматривать порошково-пластический способ производства гравия с точки зрения расхода золы, то он является достаточно эффективным методом. В качестве сырья используется зола и её шлаки, добавление глины не требуется. Производство зольного гравия без обжига характеризуется экономией топливно-экономических

ресурсов. Например, расход топлива условного топлива в 2-3 раза ниже, чем при производстве обжигового зольного гравия.

3.2 Описание схемы технологического процесса и расчёт основных параметров

Технология получения безобжигового гравия имеет следующие технологические переделы.

– подготовка материалов (дозирование, дробление, подготовка добавок, транспортирование компонентов в бетоносмеситель).

– приготовление смеси

–гранулирование (окатывание зольного гравия)

–пропаривание в камере

–грохочение

–выгрузка готовой продукции.

В цех по производству зольного гравия золу-унос транспортируют в специализированных транспортных средствах – автоцементовозах, и складывают в силосах. Из силоса зола-унос дозируется и попадает в шаровую мельницу для ее активации за счет дополнительного помола и повышения ее гидравлической активности. Далее пневмотранспортом зола подается в дозатор зольной смеси, из которого винтовым конвейером попадает в двухвальный смеситель.

Добавка микрокремнезема поступает в цех в виде брикетов, а в сырьевую смесь подается в виде суспензии.

Способ приготовления суспензии микрокремнезема, включает перемешивание в турбулентном растворосмесителе микрокремнезема, воды и стабилизирующего компонента. В качестве стабилизирующих компонентов используют смесь нитриметиленфосфоновой кислоты и продукта конденсации бета-нафталинсульфокислоты с формальдегидом. Компоненты

интенсивно перемешивают до получения однородной суспензии 50% концентрации [12].

Приготовление добавки хлористых солей:

Хлористые соли поставляют в виде кристаллического порошка. Растворы должны приготавливаться в специальных емкостях путем растворения и последующего разбавления исходных продуктов. Для повышения скорости растворения продуктов рекомендуется подогреть воду до 40 – 70°C и перемешивать растворы. После полного растворения продукта ареометром проверяют плотность полученного раствора и доводят до заданной плотности добавлением продукта или воды. Для хлористых солей концентрация рабочего состава 20 % .

Процесс приготовления зольной смеси заключается в следующем. Добавка в виде суспензии микрокремнезема по системе подачи из турбулентного смесителя дозируется в расходную емкость, а из нее подается в двухвальный смеситель, куда совместно с водой затворения через жидкостный дозатор подается добавка хлоридов. Все компоненты перемешиваются в смесителе в течении 5-10 минут.

Полученная зольная масса гранулируется на тарельчатом грануляторе. Далее гранулы выдерживают 4 ч, а затем пропаривают при 85°C в течение 5 ч в пропарочных камерах .

Для увеличения степени гидратации золы суспензия подвергается специальной обработки. С помощью насоса она прокачивается в замкнутом цикле несколько минут.

Увеличение степени гидравлической активности золы на этапе обработки суспензии из золы и воды позволяет уменьшить время, требуемое для получения гранул. При этом температура суспензии порядка 70-90 градусов по Цельсию способствует гашению оксида кальция на этапах, предшествующих грануляции. Этот факт совместно с остальными вышеописанными условиями (правильное соотношение твёрдого и жидкого

компонентов, перемешивание суспензии) снижает время и стоимость производства гравия. Воздействие центробежных сил на смесь золы с водой в замкнутом контуре также ускоряет процесс гашения свободногооксида кальция.

Функциональная схема изготовления зольного гравия представлена на рис. 12.



Рисунок 12– Функциональная схема безобжигового зольного гравия

Расчеты основных параметров

Исходя из принятого режима работы предприятия и заданной суточная производительности предприятия, равной $P_{сут}=50\text{м}^3$, рассчитаем производительность предприятия по суточной продукции в час и год.

Требуемая производительность предприятия в год, в смену, в час составляет:

$$P_{год} = P_{сут} * C_p = 50 * 247 = 12350 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$P_{см} = P_{сут} / K = 50 / 1 = 50 \text{ м}^3/\text{см};$$

$$P_{\text{час}} = P_{\text{см}} / T_{\text{см}} = 50 / 8 = 6,25 \text{ м}^3/\text{час}.$$

где, C_p – количество рабочих дней в году=247;

K – количество смен =1;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность смены=8.

При расчете производительности следует учитывать возможный брак и другие потери, размер которых принимается согласно действующим нормативам.

Примем потери при отгрузке изделий – 1%, чтобы обеспечить требуемый выход продукции предприятие должно обеспечить производительность:

$$P_{\text{год (факт)}} = P_{\text{год}} \times 1,01 = 12350 \times 1,01 = 12473,5 \text{ м}^3/\text{год};$$

3.3 Расчет и выбор основного технологического оборудования

Двухвальный смеситель непрерывного действия

Двухвальный смеситель непрерывного действия — это эффективное, рациональное решение для непрерывных процессов смешивания, конкретно, с долей твёрдых фракций. Смеситель подойдет во-первых для производства минеральных смесей, во-вторых, для производства бетона, свалочных уплотнений, тощего бетона, тяжелого бетона, сухих смесей и т.д.

Смесители данной группы используют для подготовки шихты из небольшого количества компонентов и для подготовки однородной массы либо в сухом виде, либо с небольшим увлажнением. Увлажнение осуществляется при помощи таких компонентов, как: вода, или водяной пар низкого давления.

В ситуации с увлажнением водяным паром повышается качество производимого изделия, ведь пар разогревает массу и потом, конденсируясь, увлажняет её. Важнейшим показателем лопастных смесителей является производительность. Индустрия пускает в производство смесители

производительностью 3, 5, 7, 18 и 35 м³/ч с диаметрами лопастей 350, 600, 750 мм.

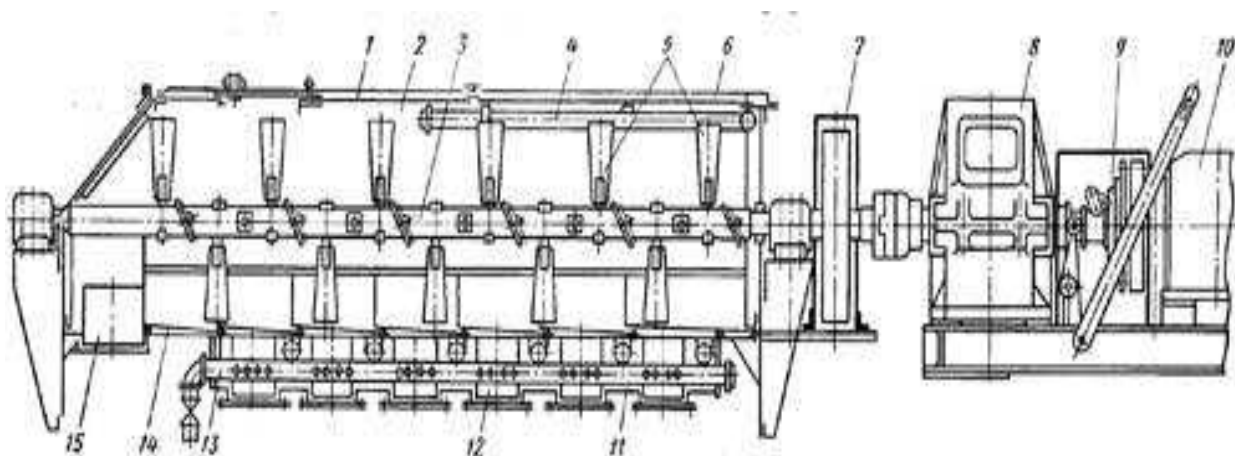


Рисунок 13 – Двухвальный лопастной смеситель непрерывного действия

На рисунке 13 представлен двухвальный лопастной смеситель непрерывного действия. Он включает в себя корытообразный корпус 2, закрытый крышкой 1, в котором размещены горизонтальные валы 3, с поставленными на них лопастями 5. Валы приводятся во вращение навстречу один другому двигателем 10, через фрикционную муфту 9, редуктор 8 и зубчатую пару 7.

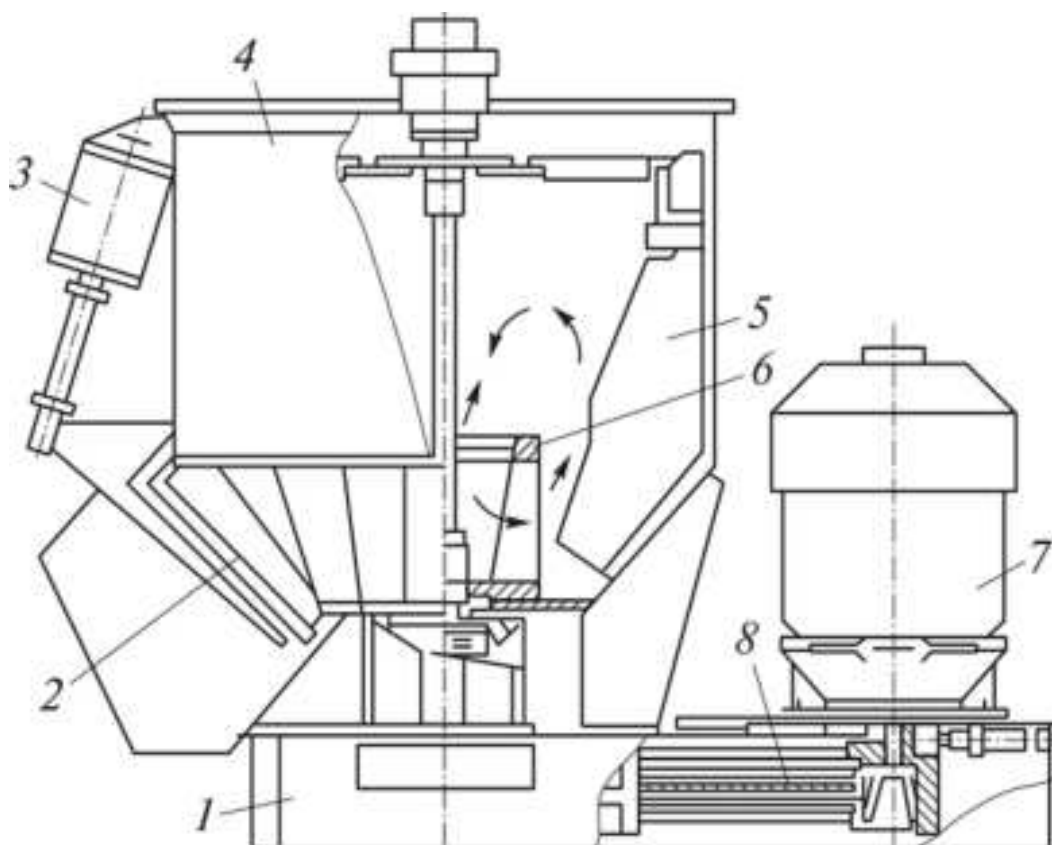
Лопасты ставят под углами. Когда подбирается нужный угол, то можно достичь оптимального соотношения окружных и осевых скоростей перемещения частиц, в итоге получается подходящее время прохождения составляющих частей от окна 6 до разгрузочного люка 15 и, следовательно, качество перемешивания.

Для увлажнения смеси через зазоры в чешуйчатом днище 14 поступает пар, подводимый по трубе 13 через распределители 12. Для снижения потерь тепла нижняя часть корпуса закрыта кожухом 11 заполненным

минеральной ватой. Массу можно делать влажной при помощи воды, которая подаётся по коллектору 4.

Турбулентный смеситель

Турбулентные растворосмесители предназначены для подготовки подвижных смесей. По принципу работы и конструкции они однотипны и отличаются только размерами рабочего оборудования, рамными конструкциями и типом привода.



1-основание; 2 -люк выгрузки готовой смеси; 3 -пневоцилиндр; 4 -неподвижный бак; 5-
лопасти; 6-ротор; 7- электродвигатель; 8 - клиноременная передача;

Рисунок 14— Турбулентный растворосмеситель.

Турбулентный растворитель смеси (рисунок 14) стоит на основании 1. Поток смешиваемой массы создается ротором 6, который располагается в неподвижном баке 4, вращающемся с частотой 9 с^{-1} от электродвигателя 7 через клиноременную передачу 8. Сырье загружают в бак сверху. Сначала

сырье попадает во вращающийся ротор, после лопатками откидывается к стенкам конической части бака, которые имеют лопасти 5, направляющие смесь вверх по спирали. Образующие спиральные потоки смеси создают тщательное смешивание. Готовую смесь выгружают через люк 2 открытием крышки с помощью пневмоцилиндра 3.

Число циклов приготовления смеси в турбулентных смесителях при работе в автоматическом режиме достигает 60 за 1 ч.

Расчет бетоносмесителя

Суммарный производительный объем смесителя (по выходу) V_n , л, находится по формуле:

$$V_n = \Pi_r * 10^3 * k_n / T_r * z = 12350 * 10^3 * 0,85 / 1638,8 * 42,35 = 177,9 \text{ л,}$$

$$\Pi_r = \text{годовая производительность завода, м}^3/\text{Г;}$$

z – расчетное число замесов смесительной машины, 1/ч;

T_r – годовой фонд рабочего времени;

k_n – коэффициент использования оборудования ($k_n = 0,82 - 0,87$).

Расчетное число замесов определяется по формуле:

$$z = 3600 / t_{ц} = 3600 / 85 = 42,35$$

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + [t] = 15 + 20 + 50 = 105 \text{ с.}$$

t_1 и t_2 – время загрузки и выгрузки смеси: $t_1 = 10 - 20$ с; $t_2 = 15 - 25$ с;

$[t]$ – время приготовления компонентов, с.

Значение $[t]$ зависит от типа и емкости смесителя, крупности плотности заполнителя, удобоукладываемости смеси.

Расчетное число замесов в час:

$$z = 3600 / t_{ц} \leq [z] = 3600 / 85 = 42,3 \leq 42,3,$$

[z] – нормативное число замесов в час.

Годовой фонд T_r , ч, рабочего времени:

$$T_r = (365 - T_B - T_T) * t_{cm} * n * k_H = (365 - 104 - 20) * 8 * 1 * 0,85 = 1638,8 \text{ ч,}$$

T_B – число выходных и праздничных дней в году;

T_T – простои (в днях);

T_{cm} – продолжительность смены в часах;

n – коэффициент сменности;

k_H – коэффициент, учитывающий перерыв в работе по непредвиденным причинам (0,85).

Число m смесительных машин:

$$m = V_{п}/V_o = 177,9/500 = 0,36 = 1 \text{ шт}$$

V_o – производственный объем принятого смесителя (по выходу), л.

Дробное число смесительных машин округляется до целого (с увеличением). Выбираем двухвальный бетоносмеситель СБ163А–0,5 объемом 500л.

Шаровая мельница

Суть работы шаровой мельницы: в постоянно работающую шаровую мельницу измельчаемый материал продвигается сквозь центральное отверстие в одной из крышек внутрь барабана и продвигается вдоль него, подвергаясь влиянию мелющих тел. Измельчение материала осуществляется при ударе падающих помольных шаров и истиранием его частиц между телами. После выгрузка измельченного материала совершается через центральное отверстие в разгрузочной крышке, или через решетку (мельницы с центральной разгрузкой и разгрузкой через решетку).

При наполнении мельницы мелющими шарами на 50 % и негладкой футеровке скольжение внешних слоев шаров почти не имеется, а скольжение внутренних слоев одного по-другому наблюдается при всевозможных режимах работы мельницы. При однослойном наполнении мельницы мелющими телами, они вращаются вокруг своей оси, параллельной оси вращения барабана и при гладкой футеровке не подвергаются в круговое движение, даже при высоких скоростях. При многослойном наполнении барабана мельницы помольными телами в зависимости от частоты вращения возможен один из следующих режимов движения мелющих тел:

–каскадный – скоростной режим движения помольных шаров с их перекачиванием, но без полета;

–смешанный – скоростной режим движения помольных шаров с частичным их перекачиванием и с частичным полетом;

–водопадный – скоростной режим помольных шаров с преимущественным их полетом.

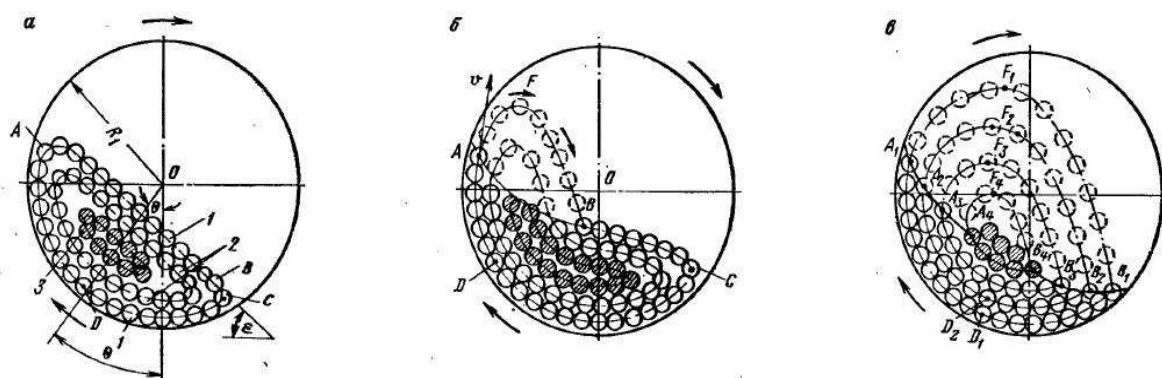


Рисунок 15– Мелющие тела при каскадном (а), смешанном (б) и водопадном (в) режимах работы мельницы

Масса мелющих шаров нужна подходящая, чтоб была возможность измельчать некоторые огромные куски измельчаемого материала. Для более продуктивно работы шаровых мельниц нужно соблюдать соотношение величины шаров и размера загружаемого в мельницу материала. Если в

измельчаемом материале большое кол-во огромных кусков, которые не перемалываются, то это в будущем приведёт к их накоплению между шарами и вскоре остановит работу. Чтобы избежать подобных ситуаций, нужно свести к минимуму размер материала, либо увеличить размеры шаров. Однако в последнем случае рабочая поверхность мельницы станет меньше, что понижает производство. Ещё нужно отслеживать уровень наполненности барабана шарами, ведь при большом наполнении, поднимающиеся шары сталкиваются с падающими.

Шаровые мельницы выделяются высоким потреблением энергии; при работе мельницы вхолостую, т.е. заполненной только шарами, потребление энергии примерно равно потреблению энергии при работе мельницы с полной загрузкой, т. е. при измельчении материала. По этой причине работа мельницы с неполной нагрузкой совсем не рациональна со стороны повышенных трат. Потребление энергии для шаровых мельниц является функцией многих факторов: физических свойств измельчаемого материала, его удельного веса и твердости; уровня заполнения барабана мельницы измельчающими шарами; количества оборотов барабана и др. Шаровые мельницы имеют невысокий к. п. д.- не более 15%. Энергия в основном потребляется на износ шаров и корпуса мельницы, трение; нагрев материала и т. п.

Достоинствами шаровых мельниц кроме большой единичной мощности, достижения тонкости помола, соответствующей удельной поверхности 5000 см²/г, простоты конструкции, высокой надежности, является также хорошо разработанное научное обоснование.

К недостаткам шаровых мельниц относится их значительные металлоемкость и износ мелющих тел, а также сильный шум. Большая часть энергии при работе шаровой мельницы теряется бесполезно, что и приводит к низкому коэффициенту полезного действия. Но даже значительный удельный расход электроэнергии на измельчение материала окупается

полезным эффектом при использовании мельницы. Это не исключает поиска решений по экономии электроэнергии при помоле, чем и занимаются специалисты со всего мира[5].

В данной работе подобрана шаровая мельница с производительностью $P=4\text{м}^3/\text{ч}$.

Тарельчатый гранулятор

Гранулирование-формирование твердых частиц (гранул) конкретных размеров и формы с заданными свойствами. Величина гранул зависит от вида материала, метода его обработки или использования и составляет обычно (мм): для минеральных удобрений 1–4, термопластов 2–5, реактопластов 0,2–1,0, каучуков и резиновых смесей 15–25 и более, лекарственных препаратов (таблеток) 3–25. Формирование гранул размером менее 1 мм иногда называют микро гранулированием.

Самый важный показатель производительности гранулирования – выпуск товарной фракции, качество получаемых гранул (форма, прочность, насыпная масса), однородность гранулометрического состава (см. Ситовой анализ). Процесс можно осуществлять с возвратом мелких частиц на этап гранулообразования.

Окатывание имеет следующие этапы: смачивание частиц материала любым связующим материалом из списка: водой, сульфит-спиртовой бардой, смесями с водой извести, глины, шлаков и т.д, вследствие чего получаются отдельные комочки-агломераты частиц и осуществляется наслаивание мелких частиц на более крупные; уплотнение агломератов в слое материала. Процесс осуществляют в барабанных, тарельчатых, скоростных и вибрационных грануляторах.

Принцип работы барабанного гранулятора заключается во вращении определённого барабана, который установлен горизонтально, либо под углом $1-3^\circ$ (частота вращения $5-20 \text{ мин}^{-1}$), размещенной под углом $45-55^\circ$ (частота

вращения 5–50 мин⁻¹), внутри которых передвигается слой материала. Уровень заполнения им аппаратов может изменяться от 10 до 15%. Окатывание в барабанном грануляторе осуществляется на боковой цилиндрической поверхности.

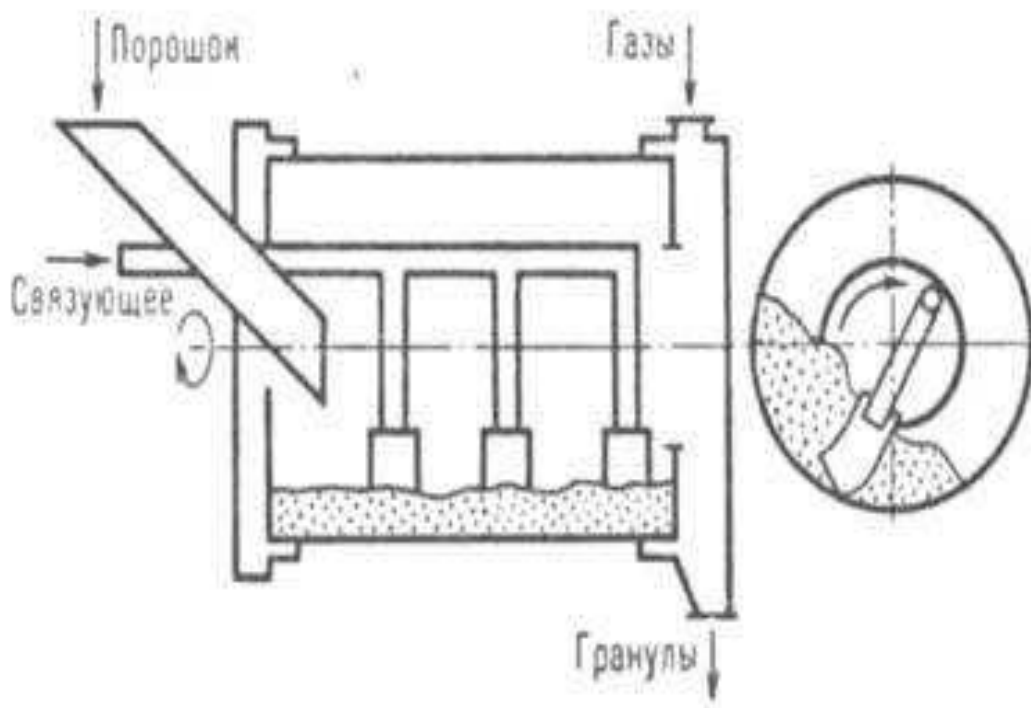
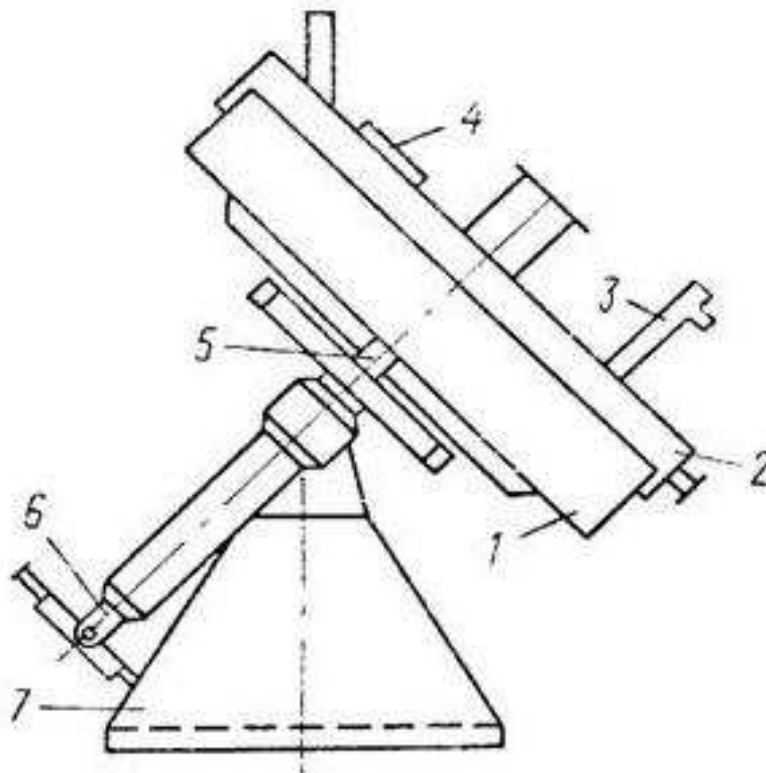


Рисунок 16– Барабанный гранулятор

Тарельчатый гранулятор (рисунок 16) состоит из наклонно расположенной вращающейся тарели 1 с плоским или сферическим дном, опирающейся на стойку 7, и привода. Наклон тарели регулируется с помощью регулятора 6.



1 – тарелка; 2 – кожух; 3 – форсунка; 4 – смотровое окно; 5 – вал приводной; 6 – регулятор наклона тарели; 7 – станина

Рисунок 17 – Тарельчатый гранулятор (слева показана траектория движения частицы материала при вращении тарели).

Очистка дна и бортов тарели осуществляется ножами, прикрепленными кронштейнами к центральной стойке. Дисперсный материал (шихта) подается через штуцер 4, связующее вещество через штуцер 2, пыль отводится через штуцер 3.

Гранулятор работает следующим образом. Порошкообразный материал подают на наклонную вращающуюся тарель, одновременно сверху на нее разбрызгивают дозированное количество воды или другого связующего. Центробежная сила прижимает материал к днищу и борту гранулятора, что предотвращает скольжение материала. Образующиеся гранулы поднимаются на некоторую высоту вместе с вращающейся тарелью, а затем под действием силы тяжести скатываются по поверхности слоя шихты под углом

естественного откоса. Шихта на тарели орошается через распылительные форсунки. Гранулы, движущиеся по тарели, увеличиваются, а вследствие разницы коэффициента внутреннего трения между частицами различного размера (химического состава) и коэффициента внешнего трения частиц о поверхность тарели, происходит их классификация по размерам. Крупные гранулы движутся, концентрируясь у края выпускного лотка, а мелкие описывают большие дуги по окружности тарели. Гранулы, достигшие требуемых размеров, сбрасываются через борт в направляющий лоток.

В промышленности используют грануляторы с диаметром тарели 1–6 м, позволяющие получать гранулы заданных размеров. Удельная производительность тарельчатых грануляторов составляет 500–1000 кг/(м²·ч), время гранулирования 5–10 мин., выход товарной фракции – более 90 %.

В данной работе мы используем тарельчатый гранулятор Т–150с производительностью $P=2\text{м}^3/\text{час}$.

Тарельчатые грануляторы уступают барабанным в производительности, но позволяют легко регулировать ход процесса гранулирования, изменением числа оборотов тарели и угла наклона ее оси.

Кроме того, тарельчатые грануляторы более экономичны, компактны и требуют меньших капитальных вложений. К преимуществам гранулирования на тарелях относится также визуальный контроль и возможность быстрого определения в лабораторных условиях способности материалов к гранулированию[16].

Расчёт количества установок

При расчете оборудования определяется число машин для каждой технологической операции необходимых для выполнения производственной программы завода. Расчет оборудования производится от основной установки до подачи сырья и до выхода готовой продукции.

Расчет количества установок производится по формуле :

$$n = \frac{P_n}{P_y \cdot K},$$

где P_n – требуемая часовая производительность предприятия равная $6,25\text{м}^3/\text{час}$;

P_y – часовая производительность выбранного агрегата;

K – нормативный коэффициент использования оборудования во времени, принимаем $0,9$.

Расчетное количество тарельчатого гранулятора:

$$n = \frac{6.25}{2 * 0.9} = 3.47$$

Расчетное количество шаровой мельницы:

$$n = \frac{6.25}{4 * 0.9} = 1,76$$

Расчетное количество пропарочных камер:

$$n = \frac{6.25}{40*0.9} = 0,17$$

Дробное число машин округляется до целого (с увеличением).

Расчет количества оборудования и сводная ведомость представлена в таблице 15.

Таблица 15– Сводная ведомость оборудования цеха

Наименования	Характеристика	Количество
Шаровая мельница	Максимальная производительность, 45 м ³ Частота вращения, 17,6 об/мин Диаметр барабана, 8,0м	2
Двухвальный смеситель	Производительность, 35,5 м ³ Установленная мощность, 40 кВт Частота вращения валов, 32 об/мин Вес, 4,8 т	1
Тарельчатый гранулятор	Производительность, 16-22 м ³ Диаметр тарели, 5500 мм Мощность, 12 кВт Масса печи, 41,9 кг	4
Грохот инерционный	Производительность, м ³ /ч 190 Наибольший допустимый размер куска исходного материала, 250 мм Мощность электродвигателя, 15 кВт Масса, 4200 кг	2
Камера пропарочная	Производительность, 40 м ³ Длина камеры, 90 м Высота, 1,5 м	1

3.4 Расчёт потребности в сырьевых материалах

Расчёт потребности в сырьевых материалах представлен в таблице 16.

Таблица 16—потребность в сырьевых материалах.

Состав зольного гравия	Расход материала			
	Расход материала на 1м3	Расход материала в час	Расход материала в сутки	Расход материала в год
Зола-унос, кг	650	4062,5	32500	8027500
Микрокремнезем, кг	26	162,5	1300	321100
Добавка хлорида, л	13,53	84,5625	676,5	167095,5

3.5 Штатная ведомость

В штатной ведомости завода приводится явочный состав производственных рабочих и цехового персонала, обслуживающих техническое оборудование и выполняющих производственные операции. К составу производственных рабочих относят всех лиц, непосредственно управляющих технологическим процессом. Выбор обслуживающих рабочих мест должен обеспечивать бесперебойную работу оборудования с выпуском продукции высокого качества. Штатная ведомость представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Штатная ведомость предприятия

Наименование профессии	Количество раб очих	Всего	Длительность смены
	1 смена		
Рабочий склада готовой продукции	2	2	8
Оператор мельницы	1	1	8
Помощник оператора мельниц	1	1	8
Оператор смесителя	1	1	8
Помощник оператора смесителя	2	2	8
Оператор гранулятора	2	2	8
Помощник оператора гранулятора	1	1	8
Оператор пропарочной камеры	1	1	8
Помощник оператора пропарочной камеры	2	2	8
Оператор грохота	1	1	8

Вывод по технологической части

В данной работе представлена технология производства безобжигового зольного гравия по порошково-пластическому способу.

Производство безобжигового зольного гравия характеризуется экономией топливно-экономических ресурсов. Например, расход топлива условного топлива в 2-3 раза ниже чем при производстве обжигового зольного гравия.

Основные операции: приготовление зольной смеси в течение 5-10 минут; гранулирование в течение 1 – 3 минут; выдерживание 4 часа; пропаривание при 85°С 5 часов; грохочение.

Годовая производительность цеха $\Pi=12350 \text{ м}^3$ безобжигового зольного гравия в год.

4. ЭКОЛОГИЯ

Производство строительных материалов безусловно сказывается на состоянии окружающей среды. Влияние производства на экологию к сожалению, является негативным. Сегодня человек начинает задумываться о том к каким последствиям может привести такое негативное влияние производственных факторов на окружающую среду. Производство влечет за особое большое количество экологических катастроф. Экологическая катастрофа предполагает необратимое изменение, связанное с гибелью какой-то экосистемы. В результате производства в атмосферу выделяется большое количество газообразных отходов. Твердые и жидкие отходы чаще всего не перерабатываются, а просто сбрасываются в водоемы, либо хранятся там, где удобно самим производителям.

Для сохранения экологии необходимо использовать технологии, которые помогут сберечь ресурсы нашей планеты и в то же время не загрязнить ее. К сожалению не все предприятия могут в короткие сроки перейти на малоотходный режим. Выходом из этой ситуации может быть переработка и утилизация различных видов отходов. Довольно часто к отходам относят материалы, которые могут быть использованы в качестве сырья для другого производства. Отходы, которые можно использовать повторно для другого производства называют вторичными материальными ресурсами (ВМР). Отходы от промышленности делятся на основные, то есть отходы сырья, которое используется для изготовления продукции и на побочные, которые образуются в ходе процесса производства (пыль, сточные воды, отходящие газы). На сегодняшний день утилизировать можно практически все отходы. Делать это следует непосредственно в месте их появления, что не позволит им распространяться и пагубным образом влиять на окружающую среду. Переработка металлосодержащих отходов заключается в рассортировке, разборке. Переработка жидких отходов

предполагает извлечение ценных компонентов из отходов, восстановление исходных характеристик сырья. Также разрабатываются методы по переработке газообразных отходов. Отходы, что не удастся переработать, утилизируются на специальных полигонах. Специальными нормами и требованиями регламентируются правила эксплуатации полигонов и захоронений отходов.

Еще одна серьезная проблема, с которой сталкиваются предприятия строительной индустрии – это высокий уровень пылевыведения. Максимальное количество пыли образуется в процессе дробления, сушки и помола сырья, охлаждения клинкера. Также много пыли выделяется, когда упаковываются материалы, проводятся погрузочно-разгрузочные на складах, где хранится сырье угля, клинкера и разного рода добавки.

Чтобы уменьшить показатели образования и выделения пыли (речь по большей части идет о неорганизованных выбросах), первоочередной задачей является обеспечение полной герметизации заводской техники и создание разрежения внутри механизмов. Также уменьшить уровень пылеобразования можно не только путем герметизации производственной аппаратуры, но и посредством снижения высоты падения пылеобразующих материалов, предварительного увлажнения сырья, которое планируется пересыпать или транспортировать. Важно, чтобы все газы, которые дымососы отсасывают из вращающихся печей или сушильных барабанов и отбираемый вентиляционными установками воздух, направлялся в специальные устройства, предназначенные для улавливания пыли.

Следует отметить характерный для предприятий строительной индустрии существенный расход воды. Ее используют непосредственно в ходе технологических процессов, при обогащении сырья, осуществлении добычи и транспортировки сырьевых материалов. Кроме того, вода расходуется и на такие цели, как охлаждение механизмов, промывку, полировку, шлифовку готовой продукции и пр.

Ежегодный показатель объема сточных вод, который поступает в городскую канализацию и водоемы от промышленных предприятий, занимающихся производством строительных материалов, достигает 650 миллионов кубометров. Соответственно, каждый год в водоемы сбрасывают до 280 тысяч тонн солей, 28 тысяч тонн минеральных и 4 тысячи тонн органических веществ, а также характеризующиеся высоким уровнем токсичности соединения фенолов, хрома, нефтепродуктов и щелочей. Такая значительная загрязненность сточных вод, сбрасываемых в водоемы предприятиями строительной индустрии, обусловлена слабой эффективностью и нерациональностью схем водного хозяйства.

В целом в промышленном сегменте коэффициент оборота воды равняется 49%. В результате влияния экологических и экономических факторов возникла необходимость разработать рациональные системы водопользования на предприятиях промышленности строительных систем водного хозяйства[17].

Ключевую угрозу несут в себе выбросы в атмосферу. Концентрация в атмосфере вредных веществ зависит от метеорологических условий, влияющих на рассеивание и перенос в воздухе примесей (речь идет о смене направления, скорости ветра и т.д.). Если рассматривать загрязнения приземного слоя атмосферы, то здесь в качестве нежелательного явления следует выделить инверсию температуры в атмосфере. Сущность данного процесса заключается в том, что в отличие от стандартного для нижних слоев атмосферы снижения температуры на 0.5-0.6°C на каждые 100 метров высоты, при инверсии температура воздуха с высотой, напротив, возрастает.

Инверсия температуры негативно влияет на развитие вертикальных движений воздуха, в результате чего могут формироваться зоны в приземном атмосферном слое, в которых содержание примесей существенно завышено. Основываясь на проведенных в течение последних десятилетий во многих мировых державах экологических исследованиях, можно сделать вывод, что

в результате разрушительного влияния антропогенных факторов окружающая среда оказалась на грани кризиса. Как ключевые компоненты экологического кризиса называют нехватку чистой пресной воды, истощение сырьевых ресурсов, вероятность климатических катастроф.

Результаты, полученные в нашей работе, могут способствовать улучшению экологии в конкретном регионе за счет утилизации отходов теплоэнергетики в виде золы–унос, которая загрязняет воздушный бассейн и земли сельскохозяйственного назначения, если ее приходится утилизировать в золоотвалы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для производства зольного гравия в качестве сырья выбираем высококальциевую золу-унос ТЭЦ 2 взамен традиционного вяжущего. Благодаря своей гидравлической активности она может применяться как самостоятельное вяжущее вещество.

Применение отходов промышленности позволяет снизить стоимость производства заполнителей, сохранить земельные угодья, уменьшить загрязнение окружающей среды. Использование техногенных отходов в качестве пористых заполнителей в составе бетонов всегда экономически и экологически целесообразно.

В качестве технологии выбираем безобжиговую технологию производства, которая характеризуется экономией топливно-экономических ресурсов, так как расход условного топлива по этой технологии значительно меньше, чем при производстве обжигового зольного гравия.

В данной работе подобраны наиболее выгодные с экономической и экологической точки зрения технология и состав сырьевой смеси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.Технология искусственных пористых заполнителей и керамики : учебник / М.И. Роговой / Репринтное воспроизведение издания 1974 г. — М. : ЭКОЛИТ, 2011. — 320 с.
- 2.Игумина, В. А. Анализ способов утилизации золошлаковых отходов / В. А. Игумина, А. Е. Карючина, А. С. Ровенских. — Казань : Молодой ученый, 2020. — 70с.
- 3.Волженский А. В., Иванов И. А., Виноградов Б. Н. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов. М.: Стройиздат, 1984, с. 246.
- 4.Мичкарева В.И. Пористые безобжиговые заполнители для легкого бетона из пылевидных зол ТЭС// Строительные материалы, 1964.—238с
- 5.Васильков С.Г. Искусственные пористые заполнители и бетоны на их основе: справ.пособие / С.Г. Васильков, С.П. Онацкий, М.П. Элинзон; под. ред. Ю.П. Горлова. - М.: Стройиздат, 1987. - 304с.
- 6.Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М «Технология заполнителей бетона» – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с.
- 7.ГОСТ 33928-2016 Заполнители искусственные пористые на основе зол и шлаков ТЭС. Технические условия – Введ 1.04.2017 – М.: Стандартиформ, 2019
- 8.Волженский А. В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1979, с. 476.
- 9.ГОСТ Р 57789-2017 Золо, шлаки и золошлаковые смеси ТЭС для производства искусственных пористых заполнителей. Технические условия—Введ. 01.03.2017—М:Стандартиформ, 2017
- 10.Методика расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твёрдых бытовых и

промышленных отходов [Электронный ресурс] Режим доступа <https://meganorm.ru/Data2/1/4293854/4293854006.pdf>

11.ГОСТ 25818-2017 Золо-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия—Введ. 01.03.2018—М:Стандартинформ, 2017

12.Микрокремнезём и его применение [Электронный ресурс] Режим доступа <http://agrotermal.ru/images/stat/18.pdf>

13.ГОСТ 310.3-76 Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема — Введ. 01.01.1978—М.: ИПК Издательство стандартов, 2003

14.ГОСТ 9758-2012Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний — Введ. 01.11.2013 — М.: Стандартинформ, 2014

15.Иванов, И. А. Легкие бетоны на основе зол электростанций: науч. изд. / И.А. Иванова- Москва: Стройиздат, 1972.-127 с

16.В.А.Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д.Мартынов Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Издательство: Машиностроение ,1981.—327с

17.Промышленная экология : учебник и практикум для СПО / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 382 с. — (Серия :Профессиональное образование).

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный институт
институт
Строительные материалы и технологии строительства
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 И.Г. Енджиевская

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01 «Строительство»
код, наименование направления

Технологическая линия по производству безобжигового зольного гравия
тема

Руководитель

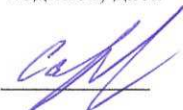


подпись, дата

к.т.н., профессор Шевченко В.А.

должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускники



подпись, дата

А.О.Сарыглар

В.Н.Татарникова

инициалы, фамилия

Красноярск 2020