

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ ДНР**

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**РЕСПУБЛИКАНСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ, АСПИРАНТОВ И СТУДЕНТОВ**

**КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ОБОГАЩЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**26 апреля 2017 г.**

**Сборник материалов конференции**

**ДОНЕЦК**

**2017**

В сборнике помещены труды участников Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Комплексные технологии обогащения полезных ископаемых», которая проходила в г. Донецке 26 апреля 2017 г. Сборник представляет интерес для широкого круга исследователей, учёных, педагогов, специалистов, руководителей промышленных предприятий и предпринимателей, работающих в области обогащения полезных ископаемых и смежных областей.

Ответственный за выпуск: Букин С. Л.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Остаповец Б. А., Корчевский А. Н.</i> Состав и свойства нефтяных шламов.....	4
<i>Троцкая Ю. И., Корчевский А. Н.</i> Методы утилизации нефтешламов.....	8
<i>Верава Д. А., Корчевский А. Н.</i> Физические методы утилизации нефтешламов.....	12
<i>Селина О. А., Букин С. Л.</i> Анализ технических средств дешламации мелкого класса углей и антрацита перед обогащением.....	16
<i>Гудинов А. В., Букин С. Л.</i> Современные средства очистки полувагонов, транспортрующих угли и антрациты.....	31
<i>Головин А. И., Самойлик В. Г.</i> Ячеистые бетоны неавтоклавного твердения....	46
<i>Остаповец Б. А., Самойлик В. Г.</i> Технологические особенности приготовления газобетонов неавтоклавного твердения.....	50
<i>Татарина А. В., Серафимова Л. И.</i> Аналитический обзор возможностей переработки горных отвалов.....	53
<i>Долбиев А. Ю., Шило И. Н., Серафимова Л. И.</i> Определение содержания серы в отходах угледобывающей промышленности Донбасса.....	61
<i>Татарина А. В., Серафимова Л. И.</i> Анализ исследований индукционного периода при формировании флотационного комплекса.....	66
<i>Медведев Д. А., Науменко В. Г.</i> Проветривание шахт в период закрытия, реконструкции и консервации.....	71

## СОСТАВ И СВОЙСТВА НЕФТЯНЫХ ШЛАМОВ

**Остаповец Б. А.**, студент группы ОПИускз-15, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Корчевский А. Н.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

В результате производственной деятельности при добыче, транспортировке и переработке нефти-сырца образуются нефтешламы, которые постоянно накапливаются. При всем многообразии характеристик различных нефтяных отходов в самом общем виде все нефтешламы могут быть разделены на три основные группы в соответствии с условиями их образования – грунтовые, придонные и резервуарного типа. Первые образуются в результате проливов нефтепродуктов на почву в процессе производственных операций, либо при аварийных ситуациях. Придонные шламы образуются при оседании нефтеразливов на дне водоемов, а нефтешламы резервуарного типа – при хранении и перевозке нефтепродуктов в ёмкостях разной конструкции.

Химический состав нефтяных шламов.

В наиболее упрощенном виде нефтешламы представляют собой многокомпонентные устойчивые агрегативные физико-химические системы, состоящие главным образом, из нефтепродуктов, воды и минеральных добавок (песок, глина, окислы металлов и т.д.). Главной причиной образования резервуарных нефтешламов является физико-химическое взаимодействие нефтепродуктов в объеме конкретного нефтеприемного устройства с влагой, кислородом воздуха и механическими примесями, а также с материалом стенок резервуара. В результате таких процессов происходит частичное окисление исходных нефтепродуктов с образованием смолоподобных соединений и ржавление стенок резервуара. Попутно попадание в объём нефтепродукта влаги и механических загрязнений приводит к образованию водно-масляных эмульсий и минеральных дисперсий. Поскольку любой шлам образуется в результате взаимодействия с конкретной по своим условиям окружающей средой и в течение определенного промежутка времени, одинаковых по составу

и физико-химическим характеристикам шламов в природе не бывает. По результатам многих исследований в нефтешламах резервуарного типа соотношение нефтепродуктов, воды и механических примесей (частицы песка, глины, ржавчины и т.д.) колеблется в очень широких пределах: углеводороды составляют 5–90 %, вода 1–52 %, твёрдые примеси 0,8–65 %. Как следствие, столь значительного изменения состава нефтешламов диапазон изменения их физико-химических характеристик тоже очень широк. Плотность нефтешламов колеблется в пределах 830–1700 кг/м<sup>3</sup>, температура застывания от -3 °С до +80°С. Температура вспышки лежит в диапазоне от 35 до 120 °С.

В качестве конкретного примера можно привести результаты анализа массовой проверки чистоты и технического состояния резервуаров автозаправочных станций г. Москвы, проведенной в конце 1997 г. Анализ показал, что основу механических примесей составляют окислы железа (ржавчина) – 50–80 % с включением кварцевого песка и смолистых отложений. Механические примеси содержатся в природных отложениях в 85 % обследованных резервуаров, а вода – в 60 %.

При попадании воды в объем нефтепродуктов происходит образование устойчивых эмульсий типа вода-масло, стабилизация которых обуславливается содержащимися в нефтепродуктах природными стабилизаторами из разряда асфальтенов, смол и парафинов.

Устойчивость эмульсий типа вода-масло объясняется главным образом наличием на поверхности капелек эмульсии структурно-механического барьера, представляющего собой двойной электрический слой на межфазной поверхности. В состав таких защитных пленок могут входить соли поливалентных металлов органических кислот и других полярных компонентов нефтепродукта, которые дополнительно адсорбируются на асфальто-смолистых агрегатах и переводят их в коллоидное состояние. В коллоидном же состоянии асфальтены обладают наибольшей эмульгирующей способностью. Многочисленные исследования указывают на существование прямой связи между устойчивостью эмульсии и концентрацией природных стабилизаторов

на границе раздела фаз. Естественно, что концентрация таких веществ возрастает в объеме нефтепродуктов по мере увеличения их молекулярного веса (переход к тяжелым фракциям нефти). Помимо образования эмульсий в среде нефтепродуктов в процессе перевозки и хранения происходит образование полидисперсных систем при взаимодействии жидких углеводородов и твердых частиц механических примесей.

При длительном хранении резервуарные нефтешламы со временем разделяются на несколько слоев с характерными для каждого из них свойствами.

Верхний слой представляет собой обводненный нефтепродукт с содержанием до 5% тонкодисперсных механических примесей и относится к классу эмульсий «вода в масле». В состав этого слоя входят 70–80 % масел, 6–25 % асфальтенов, 7–20 % смол, 1–4 % парафинов. Содержание воды не превышает 5–8 %. Довольно часто органическая часть свежееобразованного верхнего слоя нефтешлама по составу и свойствам близка к хранящемуся в резервуарах исходному нефтепродукту. Такая ситуация обычно имеет место в расходных резервуарах автозаправочных станций.

Средний, сравнительно небольшой по объему слой представляет собой эмульсию типа «масло в воде». Этот слой содержит 70–80 % воды и 1,5–15 % механических примесей.

Следующий слой целиком состоит из отстоявшейся минерализованной воды с плотностью 1,01–1,19 г/см<sup>3</sup>. Наконец, придонный слой (донный ил) обычно представляет собой твердую фазу, включающую до 45 % органики, 52–88 % твердых механических примесей, включая окислы железа. Поскольку донный ил представляет собой гидратированную массу, то содержание воды в нем может достигать до 25 %.

Из приведенных данных по составу и свойствам разных типов нефтешламов резервуарного происхождения следует, что в процессе зачистки и переработки шламов могут быть применены различные технологические приемы в зависимости от их физико-механических характеристик. В

большинстве случаев основная часть резервуарных нефтешламов состоит из жидковязких продуктов с высоким содержанием органики и воды и небольшими добавками механических примесей. Такие шламы легко эвакуируются из резервуаров и отстойников в сборные емкости с помощью разнообразных насосов. Гелеобразные системы, как правило, образуются по стенкам емкостей. Естественно, что наиболее легко образуются нефтешламы, когда внутренние покрытия резервуаров не обладают топливо- и коррозионностойкой защитой.

В настоящее время переработка нефтешламов с целью их обезвреживания и утилизации может производиться по нескольким направлениям. Шламы, если они содержат около 30 % нефтепродуктов, имеют теплоту сгорания 13–21 МДж/кг (3000–5000 ккал/кг), соизмеримую с теплотой для антрацита и каменного угля и большую теплоты сгорания для бурого угля. Данное обстоятельство используется в некоторых способах обезвреживания. Например, применяется обработка шламов в шлаковом расплаве, при котором углеводородная часть шлама полностью сгорает, окисляясь до углекислого газа и воды. Возможным является применение пиролиза, в результате чего получают до 10 % газообразных продуктов (большая часть их может быть утилизирована в качестве топлива), до 30 % нефтяного конденсата (который может быть переработан в нефтепродукты или использован как топливо) и около 50 % порошкообразного продукта, уже не содержащего нефтепродуктов. Пока же самым распространенным видом утилизации нефтешламов является их сжигание в специальных печах. Выделяющаяся при сгорании тепловая энергия используется по назначению, а зола не содержит вредных компонентов.

Другим направлением обезвреживания нефтесодержащих отходов является использование биотехнологических методов, основанных на ферментативной обработке углеводов, входящих в состав нефтешламов.

**Список источников:**

1. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 3. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 1024 с.
2. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
3. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем. – М.: Химия, 2002. – 608 с.

**МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМОВ**

**Троцкая Ю. И.**, студентка группы ОПИ-12 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Корчевский А. Н.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Физико-химические методы представлены, в основном, экстракционными и коагуляционными методами, причем они требуют применения их в системе с какими-либо другими, более эффективными методами, такими, как сжигание. Поэтому данные методы будут рассмотрены в комплексе с другими методами.

Химический метод утилизации нефтешламов представляет собой затвердевание путем диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашеной извести или других материалов.

Высокая эффективность процесса переработки делает данный способ утилизации весьма перспективным. Получаемый при этом гидрофобный материал может быть использован в дорожном строительстве в качестве материала для подсыпки дорог и других инженерно-технических сооружений.

Как было сказано выше, около 86 % всех нефтешламов (по массе) занимают нефтешламы резервуарного типа. Большинство резервуарных нефтешламов подлежат прямой утилизации в процессах изготовления дорожных и строительных материалов в качестве сырья. Входящие в состав нефтешламов смолы, парафины и другие высокомолекулярные соединения

обладают, как известно, поверхностно-активными и вязущими свойствами. Именно эту особенность нефтешламов можно эффективно использовать при их утилизации. Обладая высокой адсорбционной способностью, жидковязкие нефтешламы сравнительно легко распределяются по поверхности практически любой дисперсной минеральной фазы. При этом благодаря физико-химическому взаимодействию нефтешлама с минеральной дисперсной средой, происходит хемосорбционное поглощение загрязнителей, в том числе окислов тяжелых металлов, минеральной матрицей и их обезвреживание. Процессы преобразования таких коллоидно-дисперсных систем в дорожно-строительные материалы могут регулироваться с помощью специально подобранных реагентов для получения экологически безопасных композиций с нужными технологическими характеристиками.

Особенность этой реакции состоит в том, что она идет со значительной задержкой, ускоряясь при разогреве смеси. Конечные стадии этой реакции сопровождаются образованием пара, а иногда и локальными вспышками. Продуктом реакции является коричневое порошкообразное вещество, состоящее из мелких гранул. Образованный продукт проявляет инертные свойства по отношению к воде и почве, поскольку частицы токсичных веществ-загрязнителей заключены в известковые оболочки-капсулы и равномерно распределены в массе продукта. Материал, изготовленный из таких гранул, обладает высокой плотностью, водонепроницаемостью и может выдерживать нагрузки до 90 МПа.

Нередко с целью обезвреживания отходов нефтепродуктов вместе с негашеной известью используют ПАВ из класса жирных и сульфокислот, а также других высокомолекулярных природных и синтетических веществ. При смешении нефтешлама с этими компонентами в пропорции от 1:1 до 1:10 происходит адсорбция отходов на поверхности гидроокиси Са. В результате получают сухой гидрофобный порошок, который можно использовать в качестве сыпучего дорожно-строительного материала.

При утилизации нефтешламов резервуарного типа для получения сухого гидрофобного порошка нами проводились технологические операции двух типов.

В первом варианте жидко-вязкая масса нефтешлама напрямую замешивается в минеральную дисперсную матрицу, роль которой могут выполнять такие материалы, как глина, песок и др. В нашем случае гидрофобный порошок приготавливался замешиванием (30 % масс) жидковязкого нефтешлама в минеральную смесь (70 % масс), состоящую из глины, песка и золы (20:40:40). При естественном просушивании смеси в течение нескольких суток получался сухой несмачиваемый гидрофобный порошок, пригодный для его дальнейшего использования в качестве сыпучего дорожного материала или компонента шихты для изготовления строительных материалов. Эти материалы (кирпичи, плиты, брус, и т.д.) могут быть получены либо прессованием сухой шихты, либо методом заливки шликера в соответствующие разборные формы. Для приготовления шликера в качестве связующего компонента можно использовать цементные и глинистые растворы, жидкое стекло, гипс и другие вяжущие материалы гидратационного твердения. Сам процесс отвердения при этом служит эффективным способом обезвреживания вязкопластичных и твердых отходов.

Биологическое разложение нефтяных шламов возможно с применением двух основных методов:

- биоразложение путем внесения (смешения) нефтесодержащих отходов в пахотный слой земли;
- биоразложение с применением специальных штаммов бактерий, биогенных добавок и подачи воздуха.

Данный метод утилизации требует значительных земельных участков, большого количества времени. Это, а также ограниченность применения теплым временем года и опасностью загрязнения почвы вредными соединениями не позволяют получить широкого применения на практике.

Самым распространенным способом утилизации и обезвреживания нефтяных шламов является их сжигание в печах различной конструкции (камерных, кипящего слоя, барабанных и др.). Для сжигания таких отходов, содержащих не более 20 % твёрдых примесей, широко используются печи кипящего слоя. Одна из технологических схем сжигания нефтяных шламов в печи кипящего слоя рассмотрена ниже.

Нефтяной шлам из узла подготовки поступает в печь кипящего слоя, где сжигается в присутствии нагнетаемого воздуха. Для увеличения эффективности сжигания в качестве теплоносителя в печи используется кварцевый песок фракции 2-3 мм. При сжигании шлама в теплотворной способностью до 2,09 МЖд/кг в печь подают топливный газ и подогретый воздух. При сжигании высококалорийного шлама необходимо предусматривать охлаждение кипящего слоя. Дымовые газы сжигания в воздухонагревателе отдают свое тепло холодному воздуху, поступающему на сжигание. После очистки от золы их дымососом отводят через дымовую трубу. При содержании в исходном шламе 67-83 % воды, 8-12 % нефтепродуктов и 6-15 % минеральных веществ образуется зола, содержащая 23,51 %  $SiO_2$ , 0,2%  $CuO$ , 0,59%  $ZnO$ , 1,22%  $Al_2O_3$ , 44,8%  $Fe_2O_3$ , 16,75%  $CaO$ , 1,73%  $MgO$ , 1,4%  $Na_2O$ , 4,66%  $P_2O_5$ , 0,25%  $H_2O$ . Зола от сжигания нефтешлама транспортируют в отвал.

#### Список источников:

1. Абросимов А.А. Экология переработки углеводородных систем. – М.: Химия, 2002. – 608 с.
2. Минигазимов Н.С., Расветалов В.А., Зайнуллин Х.Н. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. – Уфа, 1999. – 299 с.
3. Красноягорская Н.Н., Трифонова Н.А. Утилизация и переработка нефтяных шламов в республике Башкортостан // Безопасность жизнедеятельности – 2006 – № 5 – с. 33-37.

## **ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕШЛАМОВ**

**Верава Д. А.**, студент группы ОПИ-12 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Корчевский А. Н.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Разрушение устойчивых водно-масляных эмульсий механическим способом основано на технологических приемах искусственного изменения концентраций дисперсной фазы эмульсии с последующей коалесценцией мелких капель этой фазы. Для осуществления операции межфазного разделения жидковязких нефтешламов в настоящее время разработано большое количество технологических аппаратов, включая сепараторы, центрифуги, гидроциклоны различных конструкций. Нередко в качестве эффективного способа механического разделения обратных эмульсий служит метод фильтрования.

Технология разделения фаз жидковязких нефтешламов сложна и экономически не выгодна, поскольку затраты на регенерацию нефтепродуктов несопоставимы с планируемым эффектом использования жидких горючих (бензина, масла и т.д.).

Разделение жидковязких нефтешламов с выделением лёгких углеводородных фракций нефти связано с пожароопасностью и, следовательно, требует обеспечения дополнительных мер по безопасности производства.

При самой тщательной очистке твердого остатка нефтешламов в нём остается до 10-15 % органики, и полное обезвреживание его достигается лишь термической обработкой.

Благодаря дальнейшему развитию проверенных и испытанных решений вместе с разработкой новых, инновационных технологий, найдены варианты использования центробежной техники (центробежные сепараторы, декантеры и технологические системы на их основе). На рис. 1 представлен сепаратор, позволяющий в небольшой промежуток времени произвести разделение нефтешлама на фракции.



Рисунок 1 – Сепаратор, конструкции ЗАО ПКФ «ПромХим-Сфера»

На первом месте стоит эффективность разделительных систем-сепараторов для разделения фракций жидкая – твердая. Предлагаются системы центрифугирования, отвечающие требованиям нефтяной промышленности, для буровых и добывающих платформ, НПЗ и резервуарных парков. Особенности систем центрифугирования предусматривают: включение в существующий технологический процесс, автоматический режим работы, не требующий наблюдения; быстрая подстройка параметров машины к изменяющимся качественным показателям продукта и условиям технологического процесса; снижение расхода химических реагентов; одновременное разделение нефти, воды и шлама; малый вес и компактная конструкция; низкая стоимость монтажа; короткая фаза пусконаладки; простая и безопасная эксплуатация. Такие системы строятся на основе эффективных, самоочищающихся центрифуг тарельчатого типа, сконструированных для разделения нефти, воды и шлама.



Рисунок 2 – Самоочищающаяся центрифуга тарельчатого типа для разделения  
нефтяного шлама на фракции

Для повышения пропускной способности и функции резервирования могут поставляться системы, состоящие из двух или нескольких промышленных центрифуг (параллельная схема работы). Системы центрифугирования могут быть использованы для очистки промысловых и дренажных вод и для отделения воды от сырой нефти. Переход от одного процесса к другому прост и занимает немного времени.

Решения в области переработки нефтешламов построены на основе высокоскоростных тарельчатых сепараторов и горизонтальных декантерных центрифуг, которые отвечают всем необходимым техническим требованиям и демонстрируют высокую финансовую отдачу. Отходы нефтяной промышленности, накопленные годами в отстойниках и амбарах, увеличивают негативное воздействие на окружающую среду. Но при надлежащей переработке этих отходов их количество может быть сведено к минимуму, а регенерированная нефть продана с получением прибыли.

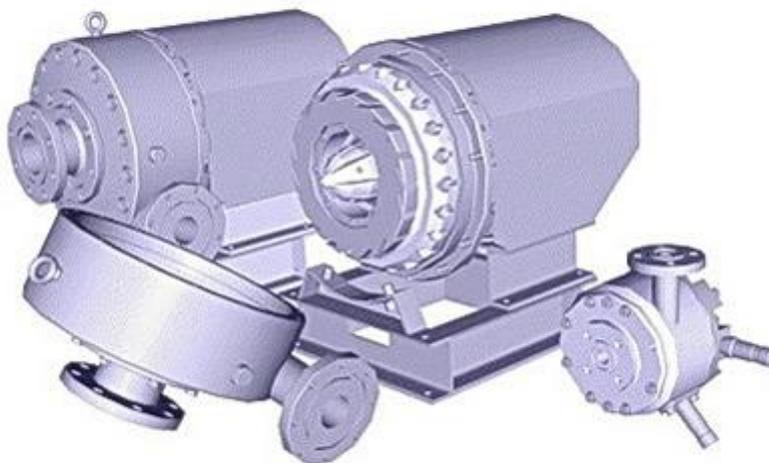


Рисунок 3 – Центробежный сепаратор

Для утилизации нефтешламов, нефтесодержащих сточных вод и осадков предлагаются комплектные системы, включающих в себя шламозаборное устройство, с помощью которого осуществляется забор нефтешлама с определенной глубины. Насос для откачки шлама монтируется на понтоне, который плавает на поверхности пруда. При сильной выветренности

поверхности и высоком содержании парафинов и асфальтенов для разжижения шлама в зоне забора, при необходимости используют сборные регистры, обогреваемые паром. Собранный таким образом нефтешлам перерабатывается как ловушечная нефть, т. е. сначала нагревается с добавлением в него деэмульгаторов и флокулянтов, и далее разделяется на три фазы: нефть, воду и твердый осадок.

Преимуществами физических методов разделения является возможность интенсификации процесса, сравнительно низкие капитальные и эксплуатационные затраты, высокая степень надежности методов и др.

Недостатками физических методов разделения можно назвать неполноту отделения нефтепродуктов от образуемых осадков и сточных вод, необходимость смены и регенерации фильтрующих материалов (при фильтровании), необходимость введения специальных структурообразующих наполнителей и так далее. Но самым большим недостатком физических методов является практически не утилизируемые осадки, получаемые при разделении нефтешламов.

#### **Список источников:**

1. Минигазимов Н.С., Расветалов В.А., Зайнуллин Х.Н. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. – Уфа, 1999. – 299 с.
2. Красноягорская Н.Н., Трифонова Н.А. Утилизация и переработка нефтяных шламов в республике Башкортостан // Безопасность жизнедеятельности – 2006 – № 5 – с. 33-37.
3. Материалы сайта <http://www.tamanno.mail.ru>
4. Материалы сайта <http://www.ekodest.comail.ru>

## АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЕШЛАМАЦИИ МЕЛКОГО КЛАССА УГЛЕЙ И АНТРАЦИТА ПЕРЕД ОБОГАЩАЕНИЕМ

**Селина О. А.**, студентка группы ОПИ-14 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Букин С. Л.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Возрастающие требования к качеству угля, как на внешнем, так и на внутреннем рынке вызывают необходимость глубокого обогащения всего добываемого сырья, проведения технического перевооружения и реконструкции действующих предприятий.

Узким местом на большинстве углеобогащительных фабрик является водношламовое хозяйство, вызванное, в основном, увеличением поступления мелких классов и ростом зольности угля шахт-поставщиков, обусловленные использованием на шахтах механизированных комплексов и переходом на валовую выемку угля. Всё это усложняет водно-шламовые схемы фабрик, повышает содержание шлама в оборотной воде, вызывает необходимость увеличивать количество аппаратов по улавливанию, осветлению и обезвоживанию мелких классов угля и шлама.

Для повышения эффективности производства и качества угольной продукции необходимыми становятся инвестиции в модернизацию и техническое перевооружение действующих фабрик в направлениях [1]:

- снижения циркуляционных водно-шламовых нагрузок;
- применения надёжного и долговечного оборудования взамен изношенного на основных процессах обогащения, классификации и обезвоживания;
- снижения производственных расходов;
- решения экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей среды выбросами при термической сушке угля.

Известно, что эффективность обогащения любого из машинных классов во многом зависит от качества подготовки исходного угля. Прежде всего, это

относится к операциям грохочения и классификации. Достаточно высокие требования предъявляются не только к засорению избыточными по крупности зёрнами машинного класса, но и к содержанию шлама крупностью менее 0,5 мм. Так, содержание класса меньше 0,5 мм не должно превышать 5 % при обогащении мелкого угля в магнетитовой суспензии [2, 3].

Обесшламливание (дешламация) угля, т.е. снижение содержания шлама в обрабатываемом угле, может проводиться перед процессом обогащения, на промежуточной или конечной стадии процесса. Дешламации подвергаются как мелкий, так и крупный машинный класс, но особенно актуальна эта операция именно для мелкого класса. Дешламация осуществляется двумя методами – мокрым и сухим (обеспыливание). Если уголь влажный, то эффективность обеспыливания снижается практически до нуля, а это требует перехода на мокрый метод дешламации.

В практике обогащения полезных ископаемых существуют два основных метода разделения зёрен материала на классы крупности:

- грохочение, в котором для разделения используются просеивающие поверхности (сит);
- классификация, в которой для разделения по крупности используется движение частиц в водной или воздушной среде.

Грохочение осуществляется на дуговых ситах, вибрационных грохотах, конусных неподвижных грохотах. Для целей классификации используют воздушные, гидравлические и спиральные классификаторы, гидроциклоны, элеваторные классификаторы (багер-зумпфы) [3, 4]. Несмотря на хорошие технологические результаты работы классификаторов установлено, что показатели качества при разделении на ситах методом грохочения значительно выше.

Основными методами обогащения мелких классов углей и антрацитов являются обогащение в минеральной суспензии в гидроциклонах и гидравлическая отсадка.

При обогащении в магнетитовой суспензии обесшламливание мелкого машинного класса включается в технологическую схему гидроциклонной установки. Наибольшее распространение получили три схемы обесшламливания: мокрая на грохотах, гидравлическая в элеваторных классификаторах, комбинированная в элеваторных классификаторах с контролем на грохотах [3]. Установлено, что при снижении эффективности дешламации существенно расширяется фронт регенерации суспензии, возрастают капитальные и эксплуатационные затраты. При увеличении концентрации шлама в суспензии тяжелосредного циклона ухудшаются реологические свойства суспензии, а зёрна шлама являются наиболее вероятным источником засорения продуктов обогащения.

При использовании в схеме дешламации мелкого машинного класса только вибрационных грохотов их удельная производительность должна быть не менее [3]: при крупности 0-6 мм – 4 т/(ч·м<sup>2</sup>), 0-13(10) мм – 6,5 т/(ч·м<sup>2</sup>), 0-25 мм - 9 т/(ч·м<sup>2</sup>).

При содержании шлама в оборотной воде не более 100-120 г/л и отсутствии в углях размокаемых глинистых пород в схемах гидроциклонных установок для обесшламливания применяются элеваторные классификаторы. При обесшламливании по граничной крупности 0,5 мм удельная производительность 15-20 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>), содержание зёрен >0,5 мм в сливе не превышает 5-6 %, а в обесшламленном продукте класса 0-0,5 мм – 15-17 % [3]

До XXI века традиционным методом повышения эффективности обесшламливания являлось комбинированное использование элеваторного классификатора (багер-зумпфа) и обесшламливающего грохота [2, 4]. В этой схеме частично обесшламленный в элеваторном классификаторе уголь подаётся на виброгрохот, который обеспечивает отделение шлама крупностью менее 0,5 мм. Промывка производится оборотной водой фабрики. Грохот, чаще всего типа ГИСЛ-72 (ГИСТ-72), оснащается щелевидными или плетёными ситами.

Эта схема применялась при обогащении труднообогатимых как коксующихся, так и энергетических мелких классов углей в тяжелосредних гидроциклонах.

Использование багер-зумпфа для дешламации мелкого угля и классификации шламов подрешётной воды после обезвоживания крупного и мелкого промпродукта, а также мелких отходов обеспечивает предотвращение попадания в систему шламовых вод зернистых шламов повышенной зольности со сливом багер-зумпфа. Все шламовые воды (от дешламации мелкого угля и обезвоживания концентратов) проходят две стадии классификации в гидроциклонах, в результате которой выделяется сгущенный продукт, содержащий низкозольный зернистый шлам, и слив, направляемый на флотацию.

В настоящее время операцию гидроклассификацию в багер-зумпфах на действующих фабриках стараются заменить на альтернативную из-за высоких капитальных затрат и эксплуатацию этого узла.

Например, на ЦОФ «Печорская» (РФ, г. Воркута) в процессе модернизации фабрики произведена реконструкция узла дешламации мелкого угля 1,5-13 мм перед его обогащением в тяжелосредних гидроциклонах «Dayster». В результате установлены дуговые сита и вибрационные грохоты типа ГИСЛ-72, а багер-зумпфы исключением из технологической схемы [5]. Надо отметить, что технология подготовки к обогащению в тяжелосредних гидроциклонах стала типовой для многих углеобогатительных фабрик СНГ, например, ЦОФ «Свято-Варваринской».

Большой интерес представляет опыт эксплуатации современного зарубежного оборудования, так как в последние годы наблюдается определенный застой в разработке новых отечественных обогатительных машин. В Донбассе наиболее современной обогатительной фабрикой является ЦОФ «Свято-Варваринская», которая оснащена оборудованием корпорации СЕТСО (США) и других всемирно известных фирм. Эти машины заслуженно относятся к лучшим образцам мирового уровня.

Для дешламации рядового угля 0-13 мм по граничной крупности 1 мм на ЦОФ «Свято-Варваринская» применяются дешламационные комплексы в составе стационарных дуговых сит SSB (8 шт.) и самобалансных виброгрохотов 8×16SD (8 шт.), установленных последовательно (рис. 1).

На дешламацию поступает 1213 т/ч класса 0-13 мм зольностью 30,2 % или 151,6 т/ч на один комплекс. Удельный расход вода на промывку 0,3-0,5 м<sup>3</sup>/т. Содержание класса 0-1,0 мм в питании не более 30-35 %. Содержание класса 0-1,0 мм в надрешётном продукте не более 5 %.

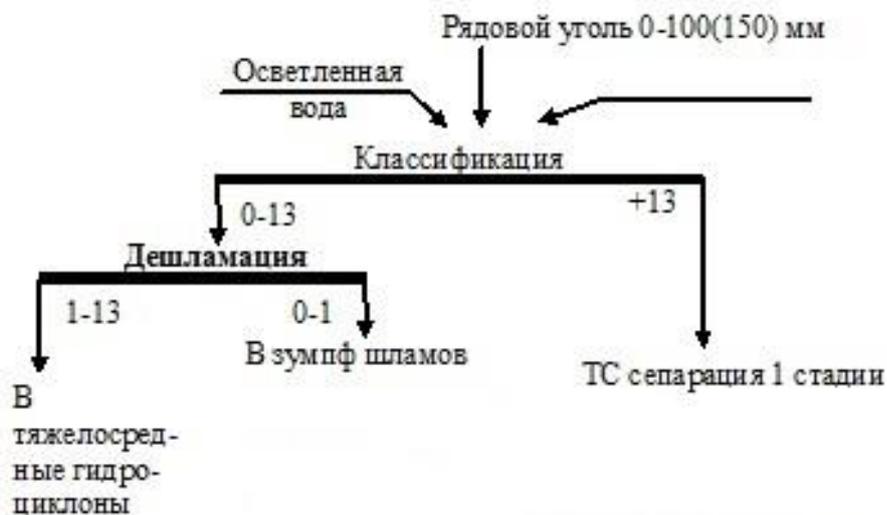


Рис. 1 – Технологическая схема дешламации мелкого класса ЦОФ «Свято-Варваринская»

Дуговое сито SSB (рис. 2), традиционной конструктивной схемы, представляет собой обезвоживающее и классифицирующее устройство. Дуговые сита используют для обеспечения эффективного разделения со сравнительно точной классификацией для пульп с широким диапазоном крупности и концентрации твердого.

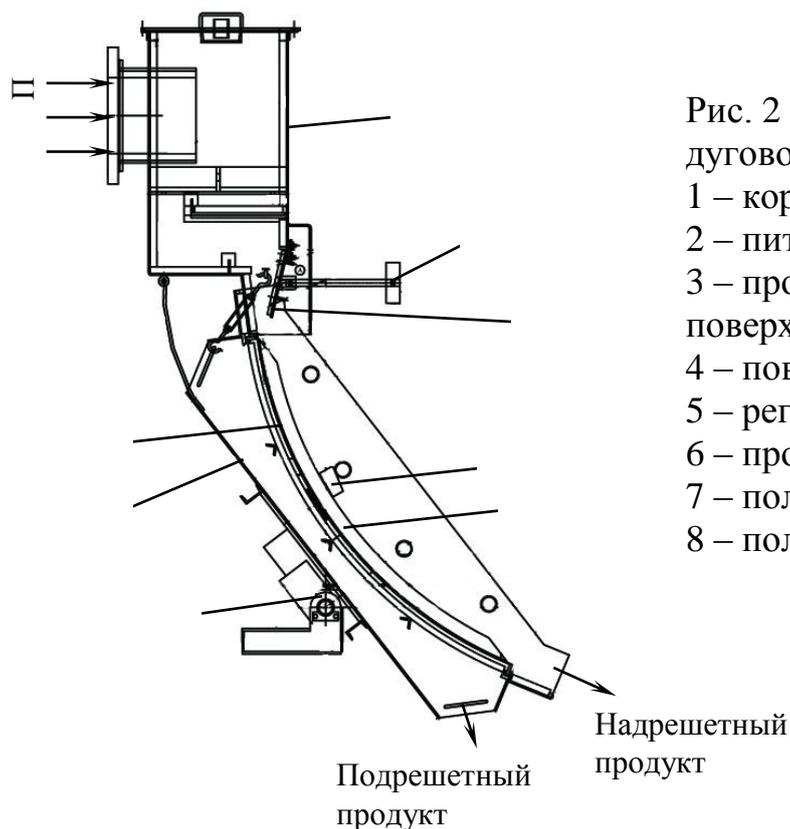


Рис. 2 - Принципиальная схема дугового сита:

- 1 – корпус;
- 2 – питающий короб;
- 3 – просеивающая поверхность;
- 4 – поворотный механизм;
- 5 – регулирующий шибер;
- 6 – противовес;
- 7 – полиуретановая прокладка;
- 8 – полиуретановый клин

Изогнутая по дуге просеивающая панель 3 дугового сита установлена на корпусе 1. Просеивающая панель, состоящая из совокупности колосников трапецевидного профиля проволоки направленных под прямым углом к потоку питания, фиксируется в рабочем положении с помощью полиуретановых прокладок 7 и клиньев 8. Пульпа подается в питающий короб 2, футерованный керамикой и обеспечивающий равномерное распределение питания по ширине сита. Питающий короб снабжён регулируемым шибером 5 с противовесом 6 с керамической футеровкой. Поворотный механизм 4 предназначен для периодического разворота сита с целью восстановления такой характеристики сита, как точность разделения.

Технические характеристики дешламационных стационарных дуговых сит типа SSB производства SETCO приведены в табл. 1.

Надрешетный продукт дешламационных дуговых сит поступает на дешламационные грохоты, подрешетный – в поддон для сбора подрешетного продукта грохота.

Таблица 1 - Технические характеристики дешламационных стационарных дуговых сит типа SSB производства SETCO

Наименование показателя	Величина
Размеры просеивающей поверхности:	
длина, мм	2134
ширина, мм	1558,9
радиус, мм	1559
арка, град	60
Ширина щели, мм	1,5
Габаритные размеры, мм, не более:	
длина	2946,4
ширина	2305,1
высота	2946,4
Масса, кг	1890

Дешламационные вибрационные грохоты – горизонтальные, однодечные, с линейными (направленными) колебаниями, традиционной одномассовой динамической схемы, с далекозарезонансным рабочим режимом.

Грохот 8×16SD (рис. 3) состоит из короба 1, установленного на пружинных виброизоляторах 8. На коробе закреплены вибратор 7 и просеивающая поверхность 3. Исходный продукт (надситный продукт дешламационных дуговых сит) подаётся в питающий короб грохота 2 и далее на просеивающую поверхность. Под действием вибрации материал, крупность которого больше размера отверстий сит ( $>1,0$  мм), продвигается к разгрузочному порогу 4 и поступает в зумпфы питания тяжелосредних циклонов. Мелкий класс, крупность которого меньше размера отверстий сит ( $<1,0$  мм), поступает в поддон для сбора подрешетного продукта 5 и далее в зумпфы питания гидроциклонов-классификаторов 1-й стадии. Для повышения эффективности грохочения над просеивающими поверхностями установлены брызгала 6 для промывки материала.

Технические характеристики дешламационных однодечных грохотов типа 8×16SD производства Taibor (США) приведены в табл. 2.

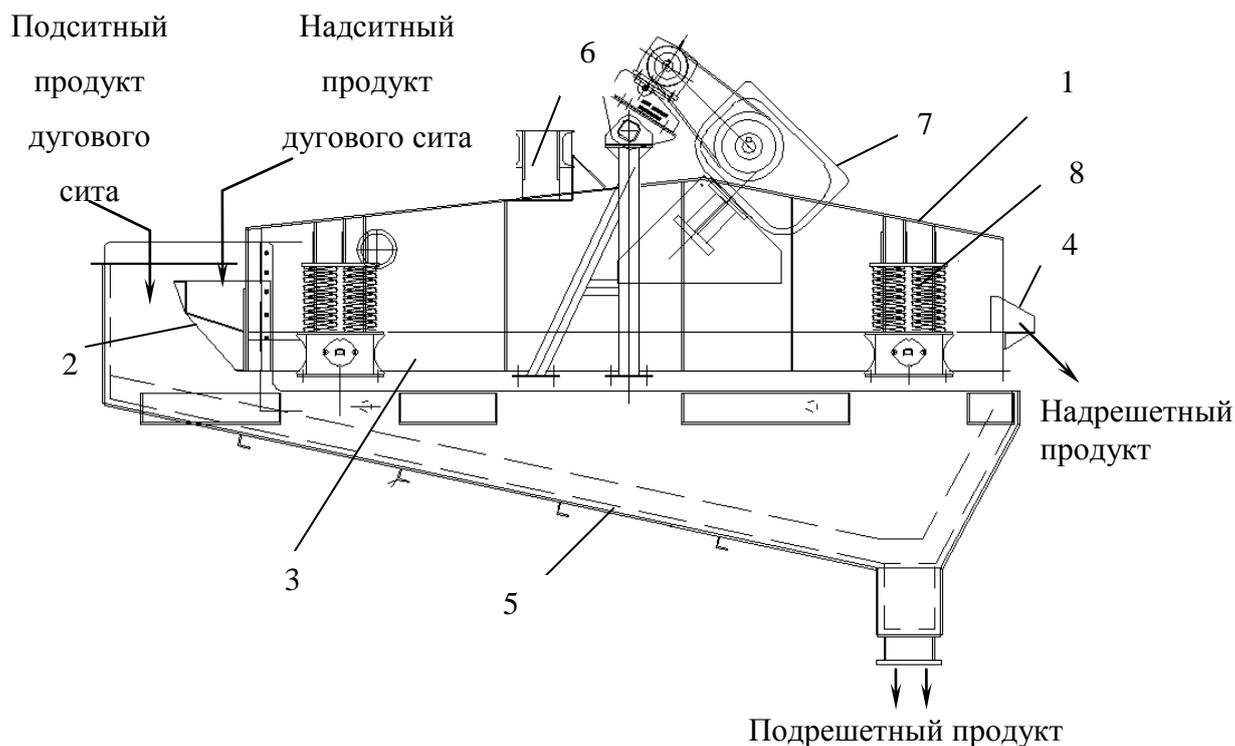


Рис. 3 - Принципиальная схема виброгрохота типа 8×16SD:  
 1 – короб грохота; 2 – питающий короб; 3 – дека (просеивающая поверхность); 4 – разгрузочный порог; 5 – поддон для сбора подрешетного продукта; 6 – система подачи промывочной воды; 7 – вибратор; 8 – стальные виброизолирующие пружины

Таблица 2 - Технические характеристики грохотов типа 8×16SD

Наименование показателя	Величина
Размеры просеивающей поверхности, м:	
длина	4,9
ширина	2,4
Площадь просеивающей поверхности, м <sup>2</sup>	11,76
Число ярусов сит, шт.	1
Размер отверстий (щели) сита, мм:	1,0
Угол наклона к горизонту, град	0
Амплитуда колебаний просеивающей поверхности, мм	11,2
Габаритные размеры, м, не более:	
длина	5,1
ширина	3,2
высота	2,0
Электродвигатель:	
мощность, кВт	14,9
частота вращения, мин <sup>-1</sup>	1500
Масса, кг	7530

При обогащении мелкого класса в отсадочных машинах институт «Южгипрошахт» рекомендует [6] перед отсадкой предусматривать установку конических грохотов с распределяющим желобом или багер-зумпф для углей с неразмокаемыми породами и содержанием фракций плотностью менее  $1300 \text{ кг/м}^3$  до 10 % либо предусматривать установку отсадочно-дешламационных комплексов. Для обесшламливания мелкого угля перед отсадкой широкое распространение на углеобогатительных фабриках получили конические грохоты типа ГК трёх типоразмеров: ГК-1,5, ГК-3 и ГК-6. Эти грохоты создавались взамен дуговых, в связи с недостаточной эксплуатационной надёжностью и неустойчивой технологической эффективностью последних [2]. Грохоты ГК применяются для целей обесшламливания исходного угля, обезвоживания продуктов обогащения, сброса суспензии после обогащения в гидроциклонах, однако для обесшламливания перед отсадочными машинами используются в основном грохоты ГК-1,5. Это объясняется тем, что благодаря наименьшему диаметру обезвоживающей поверхности в линейке грохотов ГК грохоты ГК-1,5 имеют наиболее напряжённое центробежное поле. Поэтому эффективность отделения шлама у них выше, чем у грохотов больших типоразмеров.

На ряде обогатительных фабрик до сих пор применяется схемы дешламации мелкого класса угля перед отсадкой с применением элеваторного классификатора (например, ЭОСБ-10 на ЦОФ «Нагольчанская»), которые можно отнести к морально устаревшим.

Изучение технических средств дешламации мелких классов углей перед обогащением в тяжелосредних гидроциклонах и отсадочных машинах позволяет сделать вывод о перспективности применения для этих целей вибрационных грохотов с интенсификацией динамического режима работы и разнообразными способами промывки материала.

Анализ современных вибрационных грохотов мокрого тонкого и сверхтонкого грохочения позволил установить наиболее перспективные направления интенсификации процесса дешламации [7]:

- применение грохотов с мультипитателями и мультидечных грохотов;
- организация непосредственного возбуждения колебаний сита высокой интенсивности;
- ударное воздействие на сито вибрационных грохотов;
- применение полупогружных гидравлических виброгрохотов;
- применение грохотов с возбуждением сита по полигармоническому закону колебаний;
- применение высоконапорных струйных брызгал, промывочных желобов и просеивающих поверхностей нового типа.

Среди серийно выпускаемых грохотов наибольший интерес вызывает высокочастотный многодечный виброгрохот 2SG48-60W-5STK «Стек Сайзер» производства корпорации Derrick (США).

Высокочастотный «Стек Сайзер» состоит из пяти параллельно расположенных друг над другом дек и предназначен для разделения материала по крупности в операциях измельчения и обогащения. Полномасштабные испытания, проведенные корпорацией Derrick с различными материалами, показали, что один «Стек Сайзер» заменяет от двух до четырех моделей «Мультипитание». Никогда ранее грохоты не имели такой производительности при эффективности классификации, превышающей 60–70 %, и при столь небольших необходимых площадях. Помимо этого, данная машина создает прямолинейное вибрационное движение материала, вместо эллиптического, наиболее часто используемого при грохочении [7].

Сотрудниками ДонНТУ разработана конструкция нового вибрационного грохота с интенсивным бигармоническим режимом работы (рис. 4) [8, 9]. Грохот создан по одномассовой колебательной схеме с двумя парами инерционных вибровозбудителей дебалансного типа, причём одна пара имеет возможность изменения угла направления действия вынуждающей силы по отношению к горизонту.

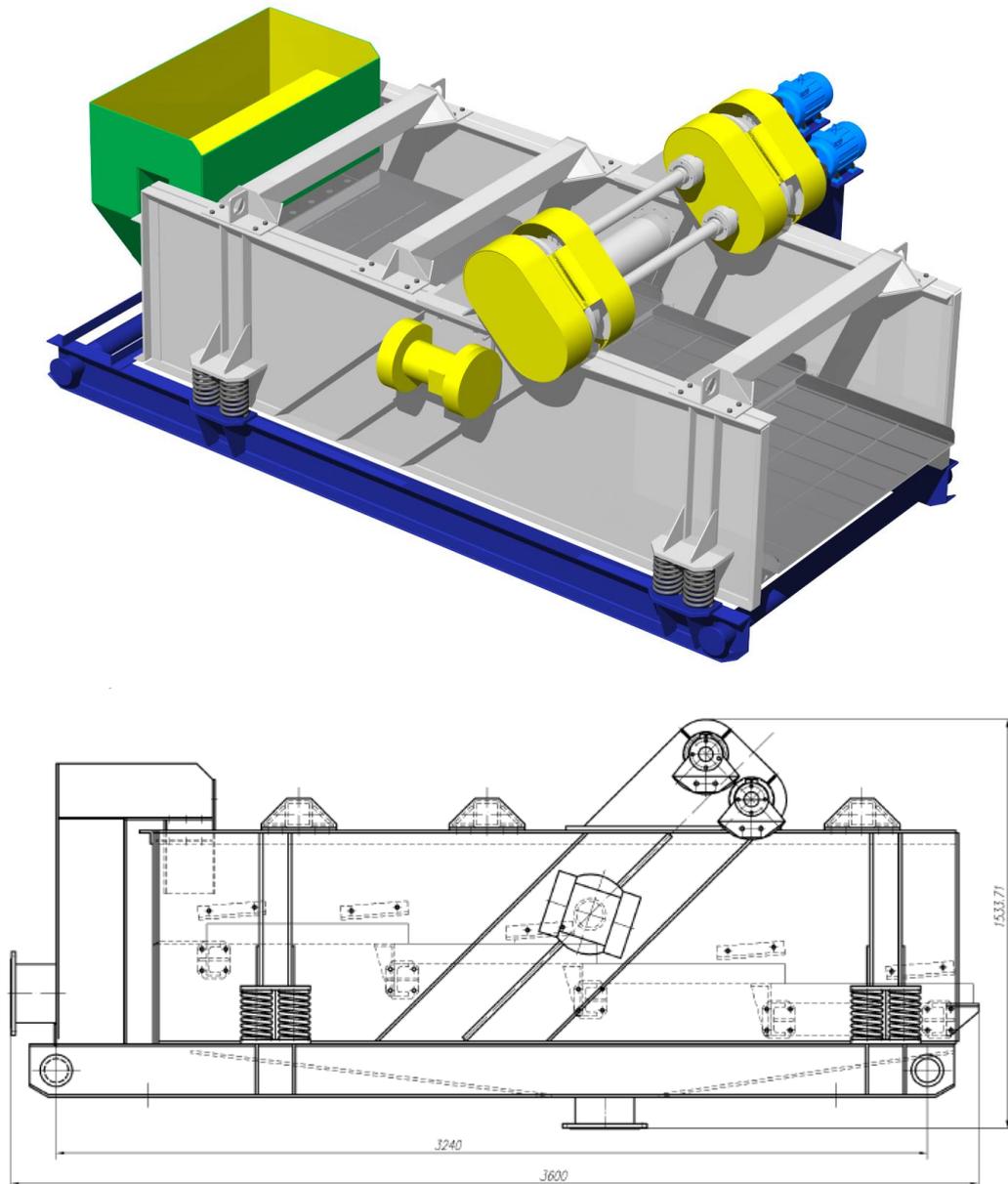


Рис. 4 – Бигармонический виброгрохот ГВВБ конструкции ДонНТУ

Кроме того, изменяя соотношение частот вращения вибровозбудителей, величины статических моментов масс каждой пары дебалансов и угол сдвига фазы между ними, можно получить разнообразные бигармонические возбуждения, оптимизируя их для решения конкретных технологических задач.

Данная конструктивная схема отличается простотой, низкой трудоёмкостью изготовления и достаточной надёжностью.

Эффект бигармонического вибрационного воздействия на обрабатываемый материал способствует улучшению условий грохочения –

«трудные» зерна (размеры которых близки к размеру ячейки сита) подвергаются не только знакопеременному силовому воздействию со стороны сита, но и переменному направлению такого воздействия [10]. Этим создаются оптимальные условия для удаления заклинивших частиц из ячеек сита, а также эффективного перемешивания зерен слоя надрешётного продукта что, в конечном счете, повышает эффективность процесса грохочения.

Установлено [11], что виброгрохоты нового типа имеют существенные технологические преимущества перед грохотами с гармоническим режимом работы.

Кроме реализации динамического режима с высоким уровнем ускорения по бигармоническому закону в конструкции виброгрохота используются ряд других инновационных решений [12]. Так для интенсификации процесса разделения в грохоте предусмотрен один карман между двумя секциями сит, установленных со смещением по высоте относительно друг друга (рис. 5). В этом кармане осуществляется процесс оттирки тонких частиц от илистых агломератов, кроме того, для увеличения этого эффекта в грохоте предусмотрена возможность установки струйных брызгал с высокой кинетической энергией вылета струи воды (рис. 5, рис. 6).

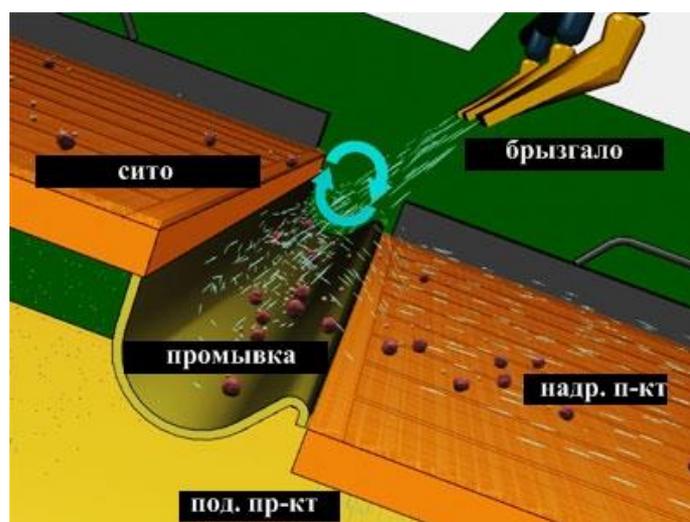


Рис. 5 – Устройство, интенсифицирующее тонкое мокрое грохочение

Обычно напротив струйных брызгал в коробе грохота установлены специальными промывочными желобами между секциями ситовых панелей, поскольку подача жидкости из брызгал непосредственно на сита может значительно сократить срок их службы. Такими промывочными желобами снабжены грохоты корпораций Derrick Corporation, Deister Inc. (США), фирмы «Rheum GmbH» (ФРГ) и некоторых других.

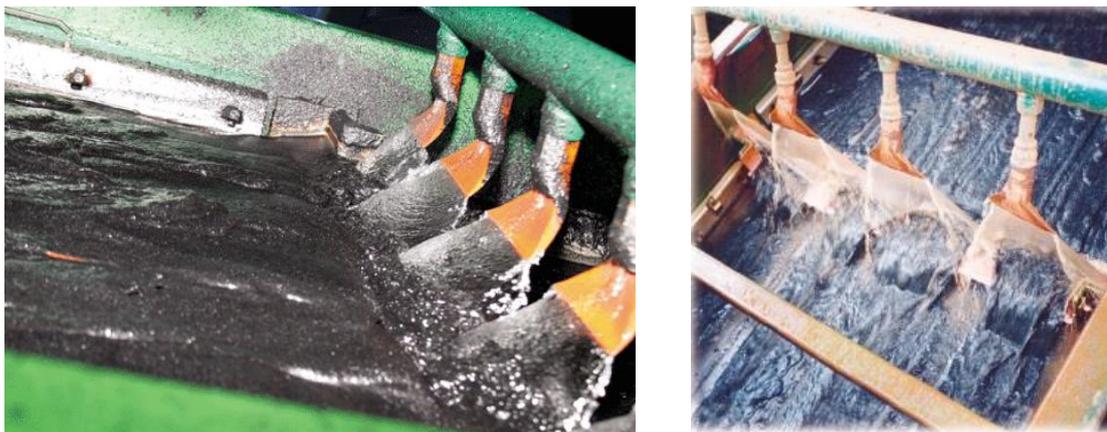


Рис. 6 – Струйные брызгала с высокой энергией струи

Известно, что эффективность процесса грохочения во многом зависит от используемой просеивающей поверхности (сита). За рубежом широко применяются просеивающие поверхности из полиуретана. Срок службы таких сит составляет более года. Примером современных полиуретановых сит являются сита корпорации Derrick (рис. 7).

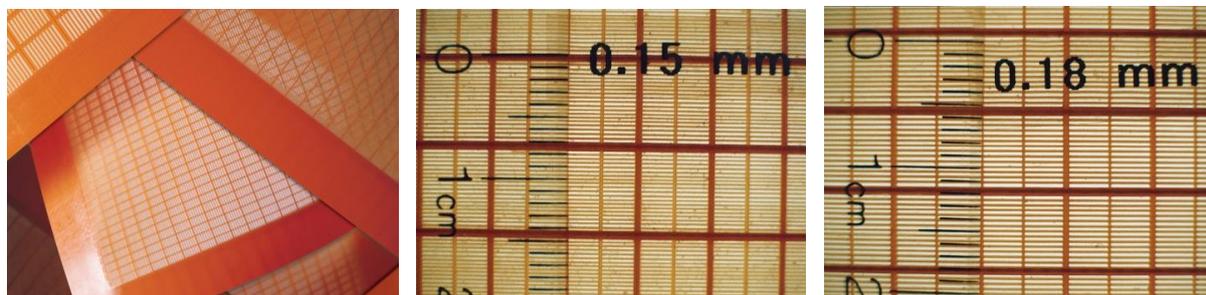


Рис. 7 - Полиуретановые сита тонкого грохочения

Этой же корпорацией выпускаются сита особой волнообразной конструкции Pyramid, которая позволяет повысить площадь просеивания на 20-25 % (рис. 8).

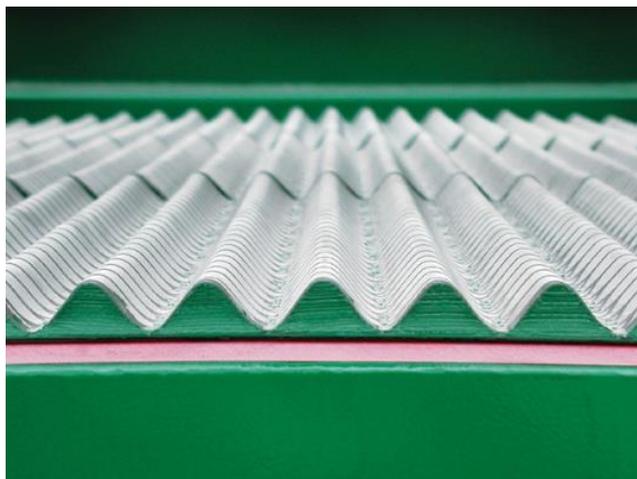


Рис. 8 - Сито Pyramid корпорации Derrick

Таким образом, можно утверждать, что целесообразно осуществлять модернизацию существующих виброгрохотов для дешламации мелких классов углей и антрацитов путём применения двух ярусов сит (верхнее – разгрузочное), высоконапорных струйных брызгал и промывочных желобов, установленных между секциями сит, а также просеивающих поверхностей нового типа. Это позволит повысить удельную производительность грохотов и, соответственно, уменьшить количество дешламационных грохотов ориентировочно в два раза.

Для проектируемых углеобогачительных фабрик целесообразно применение бигармонических грохотов нового типа для целей дешламации мелких классов углей и антрацитов.

#### **Список источников:**

1. Форум энергетиков. Эффективность инвестиций модернизации обогачительных фабрик. Мат. сайта: <http://www.svoruem.com/forum/527.html>
2. Техника и технология обогащения углей / В.В. Беловолов, Ю.Н. Бочков, М.В. Давыдов и др. Под ред. В.А. Чантурия, А.Р. Молявко. – М.: Наука, 1995. –622с. ISBN 5-02-001668-3
3. Справочник по обогащению углей / Под ред. И.С. Благова, А.М. Коткина, Л.С. Зарубина. 2-е изд., перераб и доп. – М.: Недра, 1984. 614 с.

4. Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик / К.А. Разумов, В.А. Петров – М: Недра, 1982. – 518 с.
5. Новак В.И. СЕТСО – 15 лет в углеобогащении / В.И. Новак // Уголь, июль, 2009. –С. 15-19.
6. Временные нормы технологического проектирования обогатительных фабрик ВНТП 3-92 дата введения 1993-03-01. Материалы сайта: <http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293820/4293820748.htm>
7. Тарасевич Д.А., Маслов С.Г., Букин С.Л. Основные направления развития грохотов тонкого и сверхтонкого мокрого грохочения. Мат. XIX Межд. научно-технич. конф. – семинара «Проблемы и достижения в сфере обогащения и комплексной переработки минеральных ресурсов». – г. Донецк, 1 декабря 2016 г.
8. Букин С.Л., Маслов С.Г., Лютый А.П. Инерционный грохот. Патент Украины на изобретение №86267. В07В1/40. Заявка № а 2007 04711 В07В1/40, 27.04.2007 г. Дата публикации 10.04.2009, бюл. №7.
9. Букин С.Л., Корчевский А.Н., Маслов С.Г. Разработка высокоэффективного виброгрохота с бигармоническим режимом работы для тонкой классификации угольных шламов. Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2010. – Вип. 41 (82) - 42 (83). – С. 121-126.
10. Букин С.Л., Маслов С.Г., Лютый А.П., Резниченко Г.Л. Интенсификация технологических процессов вибромашин путем реализации бигармонических режимов работы. Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 36 (77) - 37 (78). – С. 81-89.
11. Букин С.Л., Маслов С.Г. Промышленные испытания многовибраторного инерционного виброгрохота сверхтонкого грохочения. Вісті Донецького гірничого інституту. - №1 (34), 2014. – С. 138-146.
12. Маслов С.Г. Инновационные решения в области тонкого грохочения сыпучих материалов. Машиностроение и техносфера: сб. трудов XVII международной научно-технической конференции. - Донецк, - 2010. – С. 169-171.

## **СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОЧИСТКИ ПОЛУВАГОНОВ, ТРАНСПОРТРУЮЩИХ УГЛИ И АНТРАЦИТЫ**

**Гудинов А. В.**, студент группы КПОМО-13 ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Букин С. Л.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Вагоны после выгрузки должны передаваться железной дороге очищенными снаружи и внутри. Очистка вагонов от остатков насыпного или кускового груза, выполняемая вручную – одна из самых трудоёмких и дорогостоящих операций.

Обычно выгрузка кусковых материалов, к которым относится и уголь, не вызывает затруднений во времена года с положительной температурой. Однако в зимний период при низких температурах уголь смерзается в полувагонах, что значительно осложняет их выгрузку.

В последние годы проблемы борьбы с налипанием и особенно с намерзанием и смерзанием влажных материалов при транспортировке пород или сырьевых грузов существенно обострились в связи с ростом объёмов добычи разнообразного сырья - угля, руд, флюсов, стройматериалов и др. Вследствие этого при увеличении простоев железнодорожного транспорта увеличиваются и объёмы тяжёлого ручного труда на выгрузке и очистке вагонов от налипших и намерзших материалов.

Снижение производительности оборудования разгрузки полувагонов из-за налипания и намерзания пород особенно сильно проявляется в сложных климатических условиях. Вагоны РЖД при выгрузке и очистке зимой простаивают в несколько раз дольше установленных нормативов. Кроме того после выгрузки материала с помощью вагоноопрокидывателей в полувагонах остаётся от 3 до 13 % смёрзшегося материала [1]. По мнению специалистов, убытки при этом на предприятиях РФ составляют сотни миллионов и даже миллиарды рублей [1].

В настоящее время применяются следующие способы очистки вагонов (рис. 1):

- механический – использование вибраторов и щёточных машин для очистки вагонов;
- гидравлический – применение гидравлических устройств для очистки вагона, в которых используется энергия струи воды, вытекающей под большим напором;
- пневматический – устройства, очищающие полувагон выдуванием остатков груза через открытые люки;
- газодинамический – применение отработавших нормативный ресурс реактивных авиадвигателей.

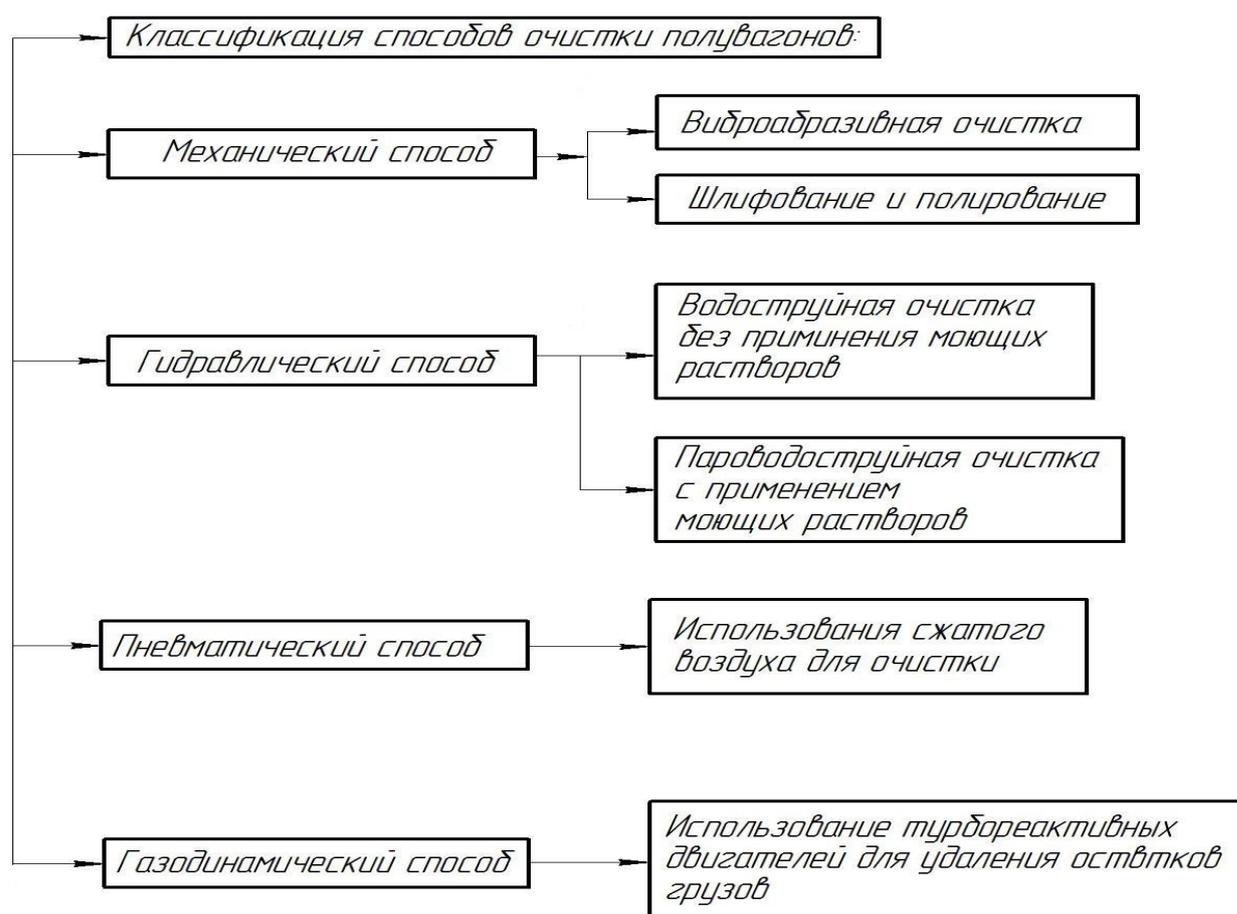


Рис. 1 – Классификация средств очистки полувагонов, перевозящих уголь и другие нерастворимые материалы

Все способы очистки вагонов должны обеспечивать их сохранность, а также не допускать загрязнения окружающей среды.

Рассмотрим эти способы очистки более подробно.

При механическом способе используют средства механического воздействия разнообразных вибраторов и щёточных машин.

В настоящее время широкое распространение получили накладные вибраторы (виброразгрузчики), которые представляют собой вибрационную машину с инерционными возбудителями колебаний.

Виброразгрузчики предназначены для облегчения условий выгрузки смёрзшихся материалов (песок, щебень, уголь и пр.) из железнодорожных полувагонов через нижние люки путём виброобрушения материала. Виброразгрузчики широко применяются на угольных складах, обогатительных фабриках и горнообогатительных комбинатах, шахтах, предприятиях стройиндустрии. Виброразгрузчик воздействует на смёрзшийся материал и включается после открытия люков. Для виброразгрузчиков применяются грузоподъёмные устройства, грузоподъёмность которых составляет 8-10 т.

К накладным зачистным вибромашинам (вибраторам) относится вибромашина «УралЦНИИ – 7771», предназначенная для зачистки бортов и днища кузова полувагона от остатков налипшего и примёрзшего к стенкам сыпучего груза, а так же для улучшения условий разгрузки сыпучего груза через люки полувагона (рис. 2).

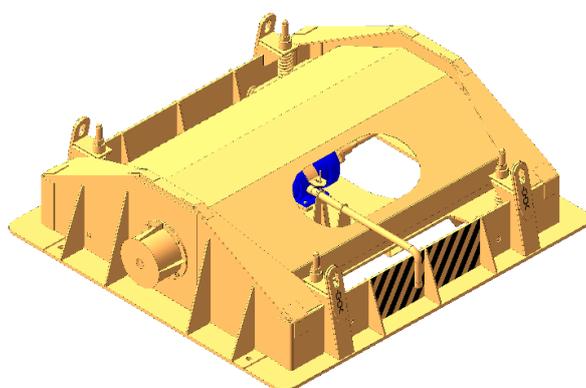


Рисунок 2 – Общий вид вибромашины «УралЦНИИ – 7771»

Схема вибромашины "УралЦНИИ - 7771" приведена на рис. 3.

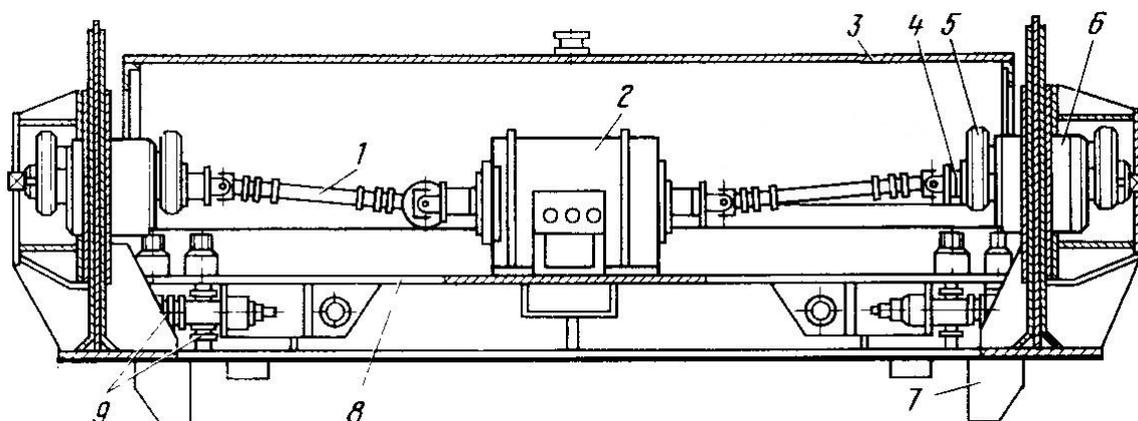


Рис. 3 – Конструктивная схема вибромашины «УралЦНИИ – 7771»:

- 1 - карданный вал; 2 – электродвигатель; 3 – кожух; 4 – втулка;  
 5 – дебалансы; 6 - корпус подшипника; 7 – направляющая; 8 – рама;  
 9 - пружины

Дебалансы 5 одновального вибровозбудителя разнесены и размещаются над опорными лыжами, что уменьшает нагрузки на корпус вибратора и повышает надёжность конструкции. Подшипники вибровозбудителя установлены в корпусе 6. Электродвигатель 2 привода установлен на раме 8, которая изолирована от корпуса вибратора цилиндрическими пружинами 9, что обеспечивает нормальные условия его работы. На валы дебалансов крутящий момент от электродвигателей передаётся карданными валами 1, соединёнными с дебалансами специальными втулками 4. Вращающиеся части оборудования вибромашины закрыты кожухом 3. Ориентированная установка накладной вибромашины грузоподъёмным краном на верхнюю обвязку кузова полувагона обеспечивается конструкцией специальных направляющих 7.

При использовании вибратора его устанавливают краном на верхний обвязочный пояс посередине полувагона. Затем машинист крана включает двигатель вибратора и в течение 3-5 мин полувагон очищается от остатков груза, который удаляется из полувагона по наклонным крышкам люков. После

этого вибратор переставляют на следующий вагон. Перед включением вибратора поднимающие его тросы должны быть ослаблены, чтобы не подвергать вибрации конструкцию крана. Нельзя допускать значений возмущающей силы более 88 кН (9 тс) на один полувагон, при частоте 24-25 Гц, а опорные части вибратора должны иметь длину не менее 3 м, чтобы усилия передавались одновременно на три стойки каждой боковой стенки полувагона. Только при выполнении этих условий возможно обеспечение сохранности полувагона, что в реальности часто не выполняется.

К механическим способам очистки вагонов относятся щёточные установки, напоминающие установки для мойки автомашин. Щёточная установка, например, ЩМ-110 производства концерна «Титан» (РФ), состоит из подвижного портала, щетки и механизма её подъёма (рис. 4).

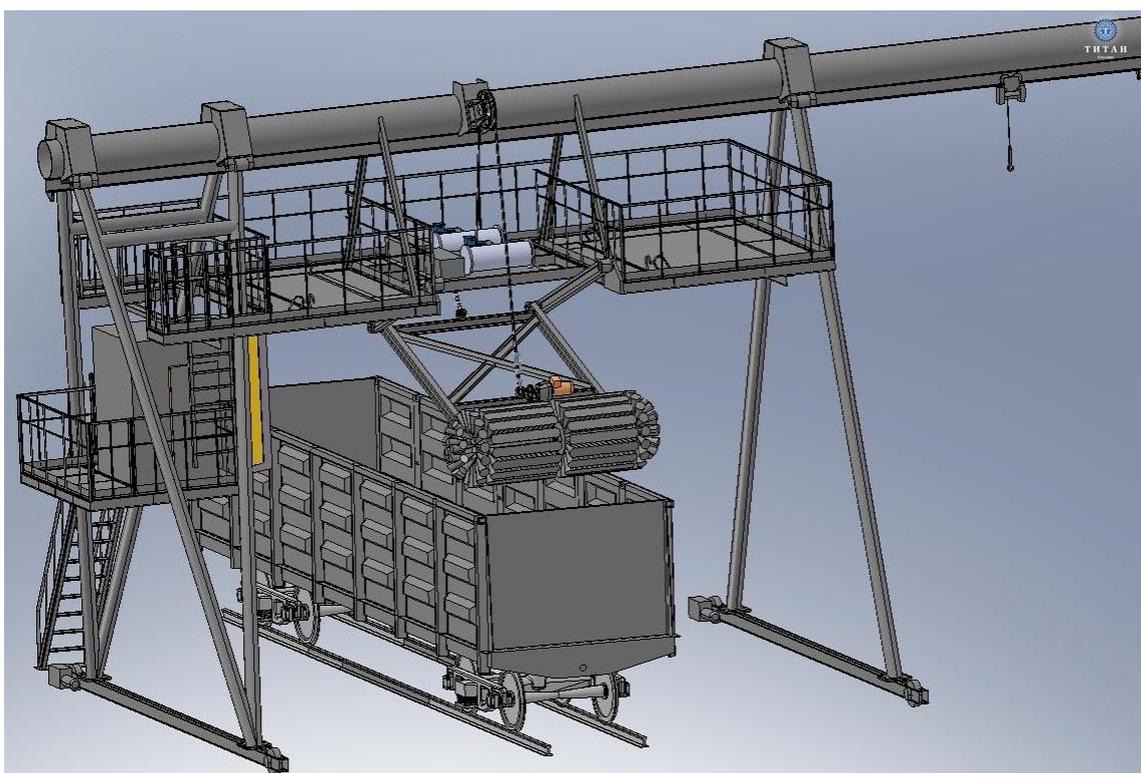


Рисунок 4 – Общий вид щёточной машины МЩ-10 очистки полувагонов

Установка работает следующим образом. Портал устанавливают над полувагоном. Включают механизм вращения щётки, после чего щётки опускают вдоль борта в один из торцевых углов полувагона, у которого

предварительно открывают последнюю пару люков с противоположной стороны. Портал передвигается вдоль вагона и тянет за собой вращающуюся щетку, сгребая остатки материала, который высыпается через открытые люки. После окончания чистки полувагона поднимают очистительный механизм и отводят портал к следующему полувагону. При необходимости цикл повторяют. Таким образом, происходит очистка всей внутренней поверхности кузова полувагона.

Возможна комплектация двумя типами щетки: для остатков сыпучих материалов и для остатков смёрзшихся материалов. Кроме того возможна установка системы подавления пыли, а также системы гидравлической доочистки полувагонов.

Технические характеристики машины МЦ-10 приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Технические характеристики щёточной машины МЦ-10

Показатель	Величина
Частота вращения щётки, об/мин	150
Высота подъёма щётки, м	5,3
Время опускания (подъёма) щётки, с	30
Скорость передвижения установки, м/с	0,2
Установленная мощность, не более, кВт	90
Масса, не более, кг	35000
Габаритные размеры, мм:	
длина	17800
ширина	9400
высота	9500

Несмотря на высокую производительность, щёточные машины очистки полувагонов имеют такие существенные недостатки, как низкий срок службы щёток и «мёртвые» зоны внутреннего пространства полувагонов, очистка которых требует дополнительных средств и сил.

Гидродинамическая очистка вагонов выполняют водой под давлением 5 – 15 МПа с помощью брандспойтов или мониторных (гидромониторных)

универсальных и специализированных вагонмоечных машин и комплексов. Пароводоструйную очистку поверхности выполняют парогидравлической струей температурой 90-100 °С под давлением 0,5-2,0 МПа с помощью специальных установок.

Современный комплекс обработки внутренних и наружных поверхностей полувагонов, транспортирующих водонерастворимые сыпучие грузы (уголь, песок, щебень и др.) выпускает группа компаний «Чистые технологии» (СТГ) г. Санкт-Петербург, РФ. Вагонмоечный комплекс КО-ПВвн предназначен для очистки поверхностей по рециркуляционной технологии (рис. 5) [4].

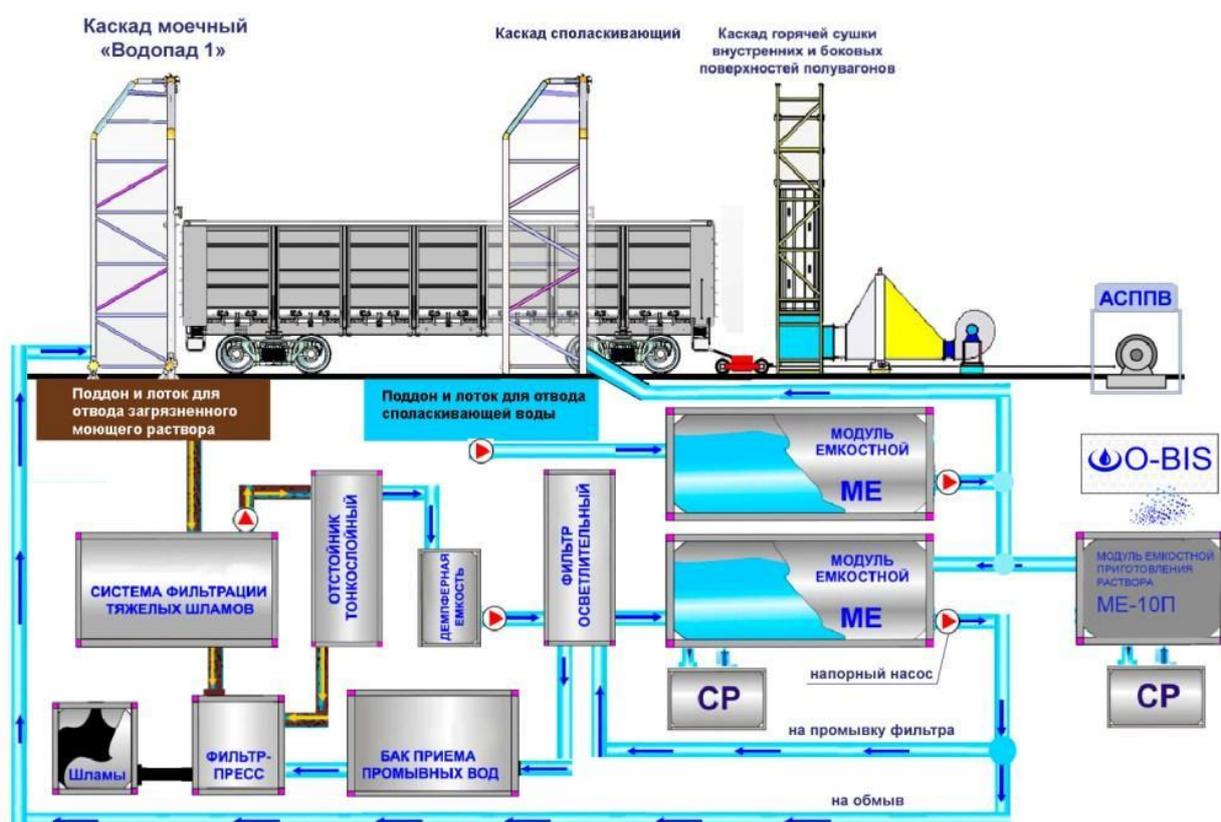


Рисунок 5 – Состав комплексов оборудования для очистки вагонов КО-ПВвн

В состав которого входят (рис. 5) [4]: моечный каскад «Водопад-1»; споласкивающий каскад; каскад горячей сушки поверхностей полувагонов; модуль для приготовления моечного раствора «О-БИСМ», оснащенный

системой разогрева; модуль, в котором фильтруются тяжелые шламы; тонкослойный отстойник; осветлительные фильтры; демпферная емкость, также имеющая систему разогрева; ёмкостные модули; системы обеззараживания; фильтр-пресс; автоматизированная система перемещения и позиционирования вагонов (АСППВ).

Модульное исполнение оборудование комплекса КО-ПВвн позволяет, в случае необходимости, оптимизировать его комплектацию в зависимости от требуемых операций и по производительности (как в сторону увеличения производственной мощности, так и в сторону ее уменьшения) и, как следствие, по стоимости.

Обработка полувагонов при использовании комплекса КО-ПВвн осуществляется на одном сквозном железнодорожном пути. Система позиционирования, управляемая автоматизированной системой перемещения и позиционирования вагонов (АСППВ), перемещает вагоны, которые последовательно проходят стадии мойки, споласкивания и сушки.

Обмыв полувагона осуществляется за счет применения технических моющих средств нового поколения «О-БИС» и гидродинамической обработки поверхности высокоэффективным моечным каскадом «Водопад-1». Моечный каскад «Водопад-1» оснащен вращающимися насадками, которые расположены таким образом, что обрабатывают как внутренние, так и наружные поверхности, а также ходовую часть полувагона струей моющего раствора под давлением порядка 20 бар. После операции обмыва моющим раствором производится споласкивание всех поверхностей оборотной водой. Система очистки моющего раствора позволяет использовать его в замкнутом цикле, чем достигается экономия ресурсов и значительно сокращается вредное воздействие на окружающую среду. Отработанный моющий раствор проходит ступенчатую систему очистки [4]:

- на первом этапе он собирается в поддоне и по лотку отводится в систему фильтрации тяжелых шламов, где происходит выделение тяжелых шламов;

- на втором этапе очистки – он подается в отстойник тонкослойный, где за счет отстаивания в тонком слое, происходит выделение взвесей, которые осаждаются и накапливаются в нижней конической части отстойника в виде шлама;

- на третьем этапе в осветлительном фильтре происходит окончательная очистка оборотного раствора от взвесей.

Технические характеристики комплекса КО-ПВвн приведены в табл. 2 [4].

Таблица 2 - Технические характеристики комплекса КО-ПВвн

Технические параметры	Величина
Производительность, ед./сут.	200
Минимальные габаритные размеры площадки под оборудование, м:	
- длина	36
- ширина	18
Установленная мощность оборудования, кВт	214
Расход воды на технологические нужды, м <sup>3</sup> /сут.	30
Расход теплоносителя, Гкал/сут.	4,3
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /сут.	1,98
Численность обслуживающего персонала, чел./см.	2

Достоинством вагономоечных комплексов КО-ПВвн является рециркуляционная технология, подразумевающая мойку в замкнутом цикле, благодаря чему:

- сводятся к минимуму расход (унос) моющего средства «О-БИСМ» и потребление энергоресурсов;

- минимизируется негативное влияние, которое оказывается на окружающую среду при очистке полувагонов.

Следует отметить высокое качество очистки поверхностей, достигаемое при использовании КО-ПВвн, и сокращение времени, необходимого для выполнения работ.

При физико-химическом способе используются активные моющие растворы, которые применяются в струйных и мониторинных моечных машинах в сочетании с методом гидродинамической очистки.

При весомых достоинствах средств гидродинамической очистки «узким» местом является сложности сбора и утилизации материала, который вымывается из вагонов. Однако этот метод очистки наиболее удачно может быть «вписан» в технологию обогатительной фабрики, перерабатывающей те же угли. Поэтому, задача адаптация технологии гидродинамической очистки, например, КО-ПВвн к технологии обогащения углей и антрацитов является актуальной и достаточно перспективной.

При борьбе с налипанием и намерзанием грузов и пород наиболее производительным и эффективным является газодинамический способ очистки полувагонов высокоскоростными струями горячих газов реактивных двигателей. Этот способ позволяет в 15-30 и более раз увеличить производительность процесса очистки по сравнению с механическими способами.

За счёт теплового и динамического воздействий реактивной струи газа от турбореактивного двигателя прилипшие, слежавшиеся и даже сильно примёрзшие остатки груза быстро удаляются со стенок полувагона, обеспечивая высокую производительность (до 200-250 полувагонов в час) при хорошем качестве очистки.

Разработаны и применяются стационарные и передвижные установки газодинамической очистки.

Впервые газодинамическая установки для очистки полувагонов была применена в 1964 году на станции Калзагай Западно-сибирской дороги [5]. Схема такой установки приведена на рис. 6. Реактивный двигатель 2 размещён в верхней части эстакады в помещении, имеющем специальное воздухозаборное устройство 1. Последнее расположено на высоте примерно 25 м над головкой рельсов и снабжено фильтром для предотвращения попадания пыли в компрессор двигателя. Двигатель установлен по оси пути с некоторым

наклоном реактивного сопла вниз. Соплу 3 придана специальная форма, и оно максимально приближено к вагону и грузу. Для пропуска локомотива нижняя часть сопла поднимается с помощью лебедки. От неподвижной части сопла отведены оканчивающиеся соплами трубы 4 и 5, подводящие газовые струи к ходовым тележкам и крышкам люков.

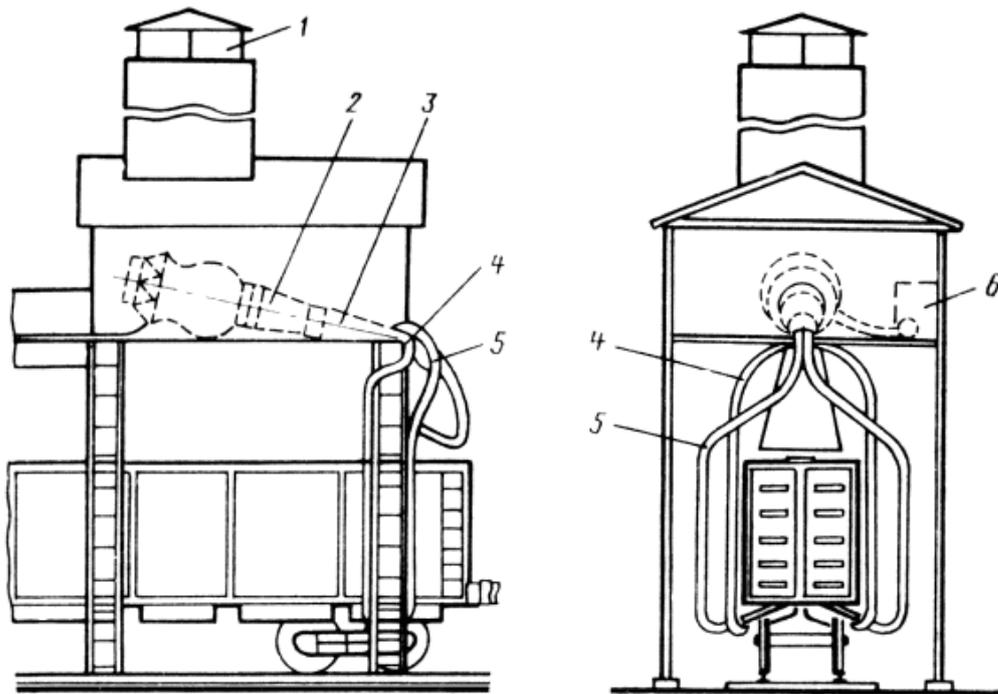


Рисунок 6 – Схема турбореактивной установки для очистки полувагонов:

- 1 – воздухозаборное устройство; 2 – турбореактивный двигатель;  
 3 – направляющее сопло; 4 – отводящие трубы для очистки ходовых тележек и выступающих частей рамы; 5 – отводящие трубы для очистки крышек люков;  
 6 – топливный бак

После основного процесса удаления груза полувагоны с открытыми крышками люков передвигаются маневровым локомотивом под турбореактивной установкой. Вначале под струи газов, вытекающих из сопел труб 6, попадают остатки грузов на открытых крышках люков, затем очистку полувагона производит главная центральная струя, вытекающая из основного

сопла; заключительным этапом является обдувка и очистка ходовых тележек и выступающих частей рамы вагона.

Так как газовые струи имеют скорость несколько сотен метров в секунду и температуру 500-550 °С, а расход газа может быть достаточно большим — 15-20 кг/с, то очистка полувагонов производится очень быстро (30-40 с/полувагон).

Реактивные установки типа РУ-01 (РУ-01П) для очистки вагонов отлично зарекомендовали себя на БАМе. Еще в 1982 году эти установки были смонтированы на станции Беркакит (г. Нерюнгри, Якутия) для очистки вагонов РЖД, подаваемых под погрузку обогащённого угольного концентрата комбината «Якутуголь». Угольный концентрат шёл на экспорт, в основном в Японию, и требовалась высокая чистота полувагонов, транспортирующих его в порт Восточный. Ранее для очистки вагонов ежегодно привлекались сотни рабочих, выполнявших ручную очистку вагонов в сложных условиях Севера, особенно зимой, иногда при температуре -50-55 °С при большом (до 3-5 м<sup>3</sup>/вагон) остатке намерзших грузов в вагонах, накапливаемых на ст. Беркакит из всей Восточной Сибири. Простои вагонов под очисткой ручным способом составляли до 10-15 ч, что влекло существенные потери средств.

Пуск в работу реактивной установки на БАМе позволил:

- полностью механизировать очистку полувагонов даже без открытия люков - всего за 0,5 - 1 мин, в зависимости от условий при 100 %-ном качестве очистки;
- многократно сократить простои вагонов при подготовке под погрузку;
- расходовать для очистки одного вагона всего 35-50 кг топлива;
- обеспечить бесперебойную поставку вагонов под погрузку.

Разработанные реактивные установки нашли широкое применение в металлургии, в ОАО РЖД, в угольной промышленности, десятки установок работают на предприятиях РФ уже более 40 лет. Например, реактивные установки РУ-01 с двигателями РД-3М-500 работают на Костомукшском ГОКе, на Соколовско-Сарбайском ГПО (г. Рудный, Казахстан), на разрезах

«Экибастууголь». Реактивные установки для очистки думпкаров на Лебединском и Стойленском ГОКах, Лучегорском угольном разрезе, Оскольском цементном заводе и на других предприятиях, в течение длительного времени демонстрировали высокие технико-экономические результаты, даже при устаревших конструкциях. Накоплен опыт применения реактивных установок в различных горно-геологических и климатических условиях - на КМА, Севере, Дальнем Востоке, в Сибири, Украине и Казахстане, МГОКе, ЛГОКе, ОГОКе, КГОКе, ССГПО, ЛУТЭКе - в Экибастузе, Павлодаре, Мариуполе, Кривом Роге и других предприятиях (рис. 7).



Рисунок 7 - Наземная газоструйная установка для очистки железнодорожных вагонов "Аист-16Ч" (ОАО "Северсталь", г. Череповец):

а – общий вид; б - ж/д вагон до обработки; в - ж/д вагон после обработки;

г - процесс очистки вагона

Преимущества газодинамической очистки полувагонов:

- самая высокая производительность из всех известных способов очистки вагонов;

- применяется при очистке вагонов, как с нижними люками, так и глухонных, поскольку остатки грузов вылетают через борт вагонов.

Недостатки [5]:

- высокий уровень шума;

- большое пылеобразование, что требует размещения установки в закрытом помещении и мощной системы пылеулавливания;

- большие затраты на использование других средств уборки помещения от остатков груза.

До настоящего времени ограничениями широкого распространения гидродинамических установок очистки полувагонов являются нерешённые вопросы:

- высокое аэродинамическое сопротивление всасывающих воздухопроводов большой длины, применение которых во много раз снижает коэффициент сжатия воздуха в компрессорах двигателей, а также сложных (нерасчётных) схем напорных газопроводов установки;

- потери энергии тепла в газопроводах установок за счет повышенной теплоотдачи через стенки при высоких скоростях газа и полном отсутствии термоизоляции газопроводов;

- нерасчётные сечения выходных сопел или их отсутствие на установках;

- большие расстояния от выходных сопел до очищаемых поверхностей;

- применение несоответствующих процессу реактивных двигателей, часто и необоснованно имеющих малый расход газа, что приводит к низким параметрам (температура и скорость) газа при контакте с очищаемыми поверхностями;

- применение устаревших и неэффективных технологий разогрева и очистки налипших и особенно намерзших грузов с транспортных поверхностей и горного оборудования при прямом воздействии скоростных горячих газов на

породу, в смерзшемся состоянии обладающую низкими коэффициентами теплопроводности и высокой теплоемкостью.

Таким образом, применяемые механические, гидравлические и пневматические способы очистки вагонов не обеспечивают качественную и быструю очистку вагонов. Этот вопрос остаётся по-прежнему актуальным, особенно в регионах с очень холодными зимами. Наиболее перспективным способом очистки полувагонов является газодинамический способ, но и он требует решение целого ряда вопросов, таких как снижение расхода топлива, уровня шума и объёмов пыли при работе реактивных установок.

#### **Список источников:**

1. Материалы сайта: [http://studopedia.ru/2\\_10363\\_naznachenie-ochistki-vagonov-i-ih-uzlov.html](http://studopedia.ru/2_10363_naznachenie-ochistki-vagonov-i-ih-uzlov.html)
2. Материалы сайта: <http://naukarus.com/reaktivnye-ustanovki-dlya-ochistki-transportnyh-sredstv-i-razmorazhivaniya-smerzshih-sya-gruzov-na-gornyh-metallurgicheski>
3. Материалы сайта: [http://studopedia.su/9\\_68361\\_tehnologiya-ochistki-vagonov-ot-ostatkov-nasipnih-gruzov-na-zheleznodorozhnom-transporte.html](http://studopedia.su/9_68361_tehnologiya-ochistki-vagonov-ot-ostatkov-nasipnih-gruzov-na-zheleznodorozhnom-transporte.html)
4. Комплексы оборудования КО-ПВвн для очистки полувагонов из-под водонерастворимых продуктов / <http://ctg.su/produkcija/oborudovanie/kompleksy-dlya-ochistki-otmyvki-obezjirivaniya/kompleksy-dlya-vnutrenney-i-narujnoy-ochistki-poluvagonov>
5. Материалы сайта: <http://naukarus.com/reaktivnye-ustanovki-dlya-ochistki-transportnyh-sredstv-i-razmorazhivaniya-smerzshih-sya-gruzov-na-gornyh-metallurgicheski>

## **ЯЧЕИСТЫЕ БЕТОНЫ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

**Головин А. И.**, студент гр. ОПИ-12, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Самойлик В. Г.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Ячеистый бетон – искусственный пористый строительный материал на основе минеральных вяжущих и кремнезёмистого заполнителя. Является одной из разновидностей лёгких бетонов. Изделия из ячеистого бетона используются практически во всех сферах строительной промышленности, таких как жилищное, промышленное и сельскохозяйственное строительство. Ячеистый бетон представляет собой экономичный и эффективный строительный материал, свойства которого позволяют в сжатые сроки сооружать здания различного назначения.

Блоки из ячеистого бетона могут быть использованы в качестве конструкционного и теплоизоляционного материала. Они предназначены для возведения любых стен малоэтажных домов, могут быть использованы для реставрации или перестройки старых зданий благодаря их низкому удельному весу. При строительстве высотных зданий блоки из ячеистого бетона могут применяться в качестве утеплителя и звукоизолятора.

Однако, существуют и другие виды изделий из ячеистого бетона, которые применяются комплексно в малоэтажном строительстве: это плиты перекрытий, покрытий, перемычки, панели и даже лестничные пролеты.

Изготовление ячеистого бетона и конструкций на его основе только набирает обороты, данное направление остается перспективным даже в сложные периоды. В результате, в период с 1992 года по 2007 год объём выпускаемого в мире ячеистого бетона вырос на 142 %. Сейчас около 29 % выпускаемой продукции приходится на предприятия Европы (Польши, Германии, Великобритании, Чехии, Словакии, Франции, Бельгии и т.д.). 13 % общего объёма изделий из ячеистого бетона производит российская

промышленность, 58 % – производственные мощности в других странах мира (Японии, Китае, Кувейте, ОАЭ и т.д).

Безусловно, рост производства во многом был обусловлен популяризацией ячеистого бетона на мировом рынке и соответствующим увеличением спроса на этот материал. В настоящее время купить изделия из ячеистого бетона стремятся многие подрядчики, занимающиеся строительством, так называемых энергоэффективных зданий в странах Западной и Северной Европы, а также объектов малоэтажного строительства в Польше, Румынии, Турции. По данным статистики, более 50 процентов жилья в Швеции, свыше 30 процентов частных домов в США, Голландии, Германии, Финляндии строится именно из блоков, приготовленных из ячеистых бетонов. Реализация, продажа изделий из ячеистых бетонов становится неотъемлемой частью развития рынка строительных материалов не только в Европе, но и во всем мире.

В зависимости от способа порообразования ячеистые бетоны подразделяются на газобетоны, пенобетоны и газопенобетоны.

Газобетон производят путем введения в рабочий раствор, состоящий из смеси вяжущих и кремнеземистых компонентов, алюминиевой пудры или пасты. Вспучивание (поризация) готовой смеси происходит в специальных формах и должно закончиться до начала схватывания вяжущего. Для интенсификации газовыделения при производстве газобетона применяются ударные площадки и виброплощадки. Для производства газобетона характерно широкое использование агрегатов тонкого помола материалов типа шаровых и молотковых мельниц, в которых производится мокрый помол кварцевого песка, извести, топливного шлака и т.д.

Применяемая в производстве газобетона алюминиевая пудра смешивается с водой и ПАВ до образования суспензии. При взаимодействии со щёлочью, образующейся в составе смеси, алюминиевая суспензия образует большое количество пузырьков, наполненных водородом, благодаря которым и формируется пористая структура материала.

Твердение газобетона проводится автоклавным способом или неавтоклавным. Автоклавирование осуществляется в автоклавах под давлением в 0,8-1,3 МПа и при температуре водяного пара в 175-191 °С. Данный способ применяется на заводах с большой производительностью по выпуску газобетона и требует существенных эксплуатационных затрат.

Твердение неавтоклавного газобетона происходит либо в естественных условиях при температуре выше 10 °С, либо с применением тепловлажностной обработки в специальных камерах или непосредственно в термоформах. Время твердения газобетона в естественных условиях обычно не превышает 28 суток.

Выпуск неавтоклавного газобетона легко можно организовать на небольшом производстве или непосредственно в местах проведения строительно-монтажных работ. Стоимость его существенно ниже, чем у автоклавного газобетона. Кроме того, гибкая технология приготовления неавтоклавного газобетона позволяет использовать в качестве кремнеземистого компонента отходов промышленного производства, в том числе и отходов обогащения. Всё это способствует активному расширению производственной базы по выпуску неавтоклавного газобетона.

К неавтоклавным ячеистым бетонам относятся также пенобетоны. Пенобетон отдельного приготовления компонентов производят путем введения в рабочий цементно-песчаный раствор устойчивой технической пены.

Пена приготавливается из водопенного раствора, который, проходя через пеногенератор, резко увеличивается в объеме. Получение пены заданных характеристик (кратность, стойкость) возможно на основе органических и синтетических пенообразователей. В настоящее время на рынке представлено большое количество пенообразователей как отечественного, так и импортного производства.

Смесь перемешивают в смесителе не более 3 минут. По сути дела, это и есть готовый пенобетон. Массу заливают в подготовленные формы. Последние могут быть как формами готового изделия – литьевой способ, так и опалубкой

для крупного блока. После твердения такой блок разрезают на станке – резательная технология.

При естественном твердении изделия располагают в закрытых или открытых помещениях до схватывания – 2 суток, после чего вынимают из форм. Затем укладывают штабелями и закрывают влажными матами и мешками. Бетон нуждается в периодическом увлажнении – 3-4 раза в сутки первые 2 недели и 1-2 – в следующие.

Твердение при пропаривании значительно ускоряет процесс набора прочности. В этом случае формы с пенобетоном загружают в пропарочные камеры – тоннельные или ямные, где бетон обрабатывают паром при низком давлении – 0,7 МПа и при температуре 70-80 °С. Пропаривание бетона экономически выгоднее, так как продукт набирает прочности намного быстрее.

Технология производства и состав основных компонентов влияют на характеристики этих во многом схожих строительных материалов.

Пенобетон – материал с закрытыми порами. Стены, возведённые из пенобетона, обладают отличными тепло- и звукоизоляционными характеристиками. Материал слабее впитывает воду, чем газобетон. Но наружная отделка всё равно нужна.

Мелкоячеистые поры с микротрещинами – такова структура газобетона. Материал сильнее поглощает воду, чем пенобетон. Эта особенность материала требует обязательного нанесения специального покрытия, защищающего от проникновения влаги.

В остальном же характеристики их практически одинаковы. К несомненным достоинствам ячеистых бетонов можно отнести следующее.

- *Низкая плотность при высокой прочности.* Благодаря пористости материала снижается его цена, за счет уменьшения расхода компонентов.

- *Небольшой вес,* в результате чего с материалом легко работать. Кроме того, снижается нагрузка на фундамент здания. Это обеспечивает не только долговечность строения, но и экономию при его возведении, так как можно использовать менее мощную основу.

- *Отличные теплоизоляционные свойства благодаря пористости.* Данное свойство обеспечивает энергосбережение при отоплении помещений.

- *Легко обрабатывается.* Если обычно выполняется резка железобетона алмазными кругами, то для ячеистого бетона можно использовать обычную ножовку. Соответственно, чтобы подвести коммуникации в помещении не понадобится алмазное бурение отверстий в бетоне, так как можно воспользоваться обычными сверлами.

- *Пожаростойкость.* Материал является абсолютно не горючим. Поэтому его можно использовать для обшивки стен, когда необходимо обеспечить надёжную пассивную пожаробезопасность.

- *Экологичность.* Материал не только выполнен из экологически чистых компонентов, но еще и обладает отличной паропропускной способностью, что обеспечивает благоприятный микроклимат внутри зданий, построенных из ячеистого бетона.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОБЕТОНОВ НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

**Остаповец Б. А.**, студент гр. ОПИуск-13з, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Самойлик В. Г.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

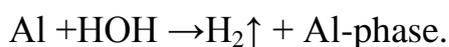
Газобетон в последнее время является очень популярным строительным материалом, благодаря ряду своих достоинств: низкому удельному весу при достаточной прочности на сжатие, пожаростойкости, экологичности, не высокой стоимости.

В чем же заключаются основные технологические особенности его приготовления? В данном докладе мы остановимся на технологии получения газобетона неавтоклавного твердения.

Газобетон делится на две подгруппы: автоклавного твердения и неавтоклавного твердения. Т.е. набор прочности у них происходит при различных режимах. Отличается и состав основных компонентов. Основными компонентами автоклавного газобетона являются: кремнеземистый компонент (в основном тонкомолотый кварцевый песок), известь, портландцемент. В состав неавтоклавного газобетона наряду с портландцементом могут входить зола, шлак, тонкоизмельченные отходы обогащения и другие кремнеземистые компоненты. Сам же процесс подготовки рабочего раствора и заливки его в формы для вспучивания практически одинаковый.

Для того, чтобы газобетон приобрел пористую структуру в подготовленную смесь вводят газообразующий агент: обычно это алюминиевая пудра марок ПАП-1 и ПАП-2.

Газовыделение происходит на основании следующей химической реакции:

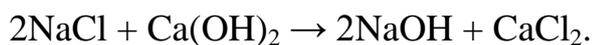


При взаимодействии алюминия с водой выделяется газообразный водород, и образуются различные алюминиевые соединения: гидроокись, комплексные соли и соединения. Реакция должна проходить в щелочной среде с  $\text{pH}=10-14$ .

Наличие в цементной смеси портландита  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  благоприятствует эффективному прохождению этой реакции, т.к. при взаимодействии с водой смеси вяжущих и кремнеземистых компонентов щелочность рабочего раствора достигает  $\text{pH}=11-12$ .

Для повышения уровня  $\text{pH}$  и, следовательно, улучшения процесса газовыделения в смесь могут вводиться специальные добавки:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ , гипс, поваренная соль и др.

Применение поваренной соли, кроме того, способствует также и упрочнению структуры газобетона. При взаимодействии её с портландитом происходит следующая реакция:



В результате образуется гидроксид натрия с  $\text{pH}=13-14$ , способствующий интенсификации реакции газовыделения, и хлористый кальций, который является ускорителем для твердения бетона.

Содержание компонентов в смеси при производстве неавтоклавного газобетона подбирается в зависимости от необходимой плотности готового изделия и свойств этих компонентов. Обычно состав подбирается опытным путём сначала в лабораторных, а затем и в производственных условиях.

Типичный состав смеси для производства неавтоклавного газобетона приведен ниже:

- портландцемент (47-49 %);
- кремнеземистый заполнитель (47-49 %);
- вода (0,4-0,6 от массы твёрдого);
- алюминиевая пудра (0,05-0,1 % от массы готовой смеси);
- добавки (регуляторы структурообразования, ускорители твердения, пластификаторы и т.д.).

Смесь перемешивают до загрузки газообразователя в течение 1-3 мин, а затем еще 3-5 мин после загрузки, чтобы добиться максимально равномерного распределения пудры по объему. После этого готовый раствор разливают в формы, в которых происходит вспучивание раствора. Последние могут быть как формами готового изделия, так и опалубкой для крупного блока. После твердения такой блок разрезают на станке.

Технологическая линия приготовления неавтоклавного газобетона включает несколько операций: подготовка смеси, приготовление, формование и твердение. Для каждой операции требуется оборудование, соответствующее задачам.

**Подготовка.** Дозировка и подача в смеситель может осуществляться и вручную, но автоматические дозаторы гарантируют лучшее соблюдение условий.

**Смешивание.** Газобетон перемешивают в самоходных вертикальных газобетоносмесителях.

**Формование.** Бетон заливают в подготовленные формы. Литьевого метода предполагает стендовые неподвижные формы, при вибрационном – те же формы перемещают на виброплощадку. Для нарезки газобетонных блоков используются станки с металлическими струнами.

**Твердение.** При твердении газобетона в естественных условиях дополнительное оборудование не требуется. Однако, если твердение проводится при помощи пропаривания, в технологических операциях используются пропарочные печи (тоннельные или ямные), где бетон обрабатывают паром при низком давлении – 0,7 МПа и при температуре 70-80 °С. Благодаря качественному пропарочному режиму улучшаются прочностные характеристики изделия.

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПЕРЕРАБОТКИ ГОРНЫХ ОТВАЛОВ**

**Татарина А. В.**, студентка гр. ОПИ-13, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Серафимова Л. И.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Угольные предприятия стоят в одном ряду с наибольшими промышленными загрязнителями окружающей среды. При этом вред экологии наносится не только непосредственно в процессе добычи, но и много лет после ее прекращения. Источником такого загрязнения являются терриконы. Однако просто рекультивирование горных отвалов нецелесообразно, так как терриконы являются богатыми источниками ценного сырья и топлива для многих технологических процессов.

Все существующие способы подземной добычи угля связаны с обязательным образованием на поверхности земли породных отвалов.

Ежегодно в процессе подземной добычи угля в Донецком регионе на поверхность поднимается около 30 млн. куб. м породы, которая складывается в отвалы. По данным НПО «Механик», за двести лет разработки угольных месторождений в стране уже образовалось свыше 1100 терриконов, под которыми занято 6300 гектаров плодородной и пригодной для промышленного и жилого строительства земли.

Вредное воздействие терриконов на окружающую среду сопряжено также с тем, что породным отвалам присуще самовозгорание с выделением в атмосферу вредных газов и пыли, даже до взрыва терриконов.

В среднем из одного горящего отвала за сутки выделяется около 10 т окиси углерода, 1,5 т сернистого ангидрида и значительное количество примесей других газов. Породные отвалы оказывают токсическое воздействие на весь живой организм - содержащиеся в них цинк, медь, свинец, кадмий, никель отрицательно влияют на центральную нервную систему человека, нарушают работу почек, печени, изменяют формулу крови, вызывают онкологические заболевания. Степень опасности зависит от валового содержания токсичных компонентов и нахождения их в предельно допустимых для почв и геохимического фона нормах (табл. 1).

Таким образом, главной задачей в национальном масштабе сегодня должно стать снижение вреда, который наносит окружающей среде горная промышленность, а точнее - уменьшение влияния терриконов на экологическую ситуацию в стране.

Сегодня наиболее распространенным методом борьбы с вредным влиянием терриконов на окружающую среду является их рекультивация. Однако данный метод с экономической точки зрения не приносит никакой выгоды, а наоборот, является энергетически и финансово достаточно затратным.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика содержания микроэлементов в горной породе шахт ГХК «Краснодонуголь»

Элементы	Класс опасности	ПДК для почв, мг/кг	Геохимический фон, мг/кг	Обнаруженные концентрации, мг/кг
Ртуть	1	2.1	0.9	0.13
Сурьма	2	4.5	-	-
Свинец	1	30	13.7	15.0
Медь	2	55	28	30.0
Мышьяк	1	2	-	7.0
Ванадий	1	150	90	90.0
Марганец	3	1500	575	375.0
Галлий	-	-	11.1	10.0
Никель	2	50	46	35.0
Хром	2	100	133	137.5
Кобальт	2	50	11	8.0
Барий	3	-	2.55	400.0
Бериллий	1	-	2	2.0
Молибден	2	4	1.8	1.5
Олово	2	-	4.3	6.3
Литий	1	-	45	62.5
Кадмий	1	-	0.6	-
Серебро	1	-	0.03	0.0000225
Цинк	1	100	68	92.5

Ситуацию можно изменить, если посмотреть на терриконы, как на источник ценного сырья и энергии, который может приносить доход. Ведь породная масса отвалов шахт содержит до 46 % угля, 15 % глиноземов (сырья для получения алюминия и силумина) и до 20 % оксидов кремния и железа. По данным ГП «Укргеология», содержание редкоземельных элементов в тонне породы достигает: германий - 55 г, скандий - 20 г, галлий - 100 г. Это при том, что данные элементы целесообразно извлекать, начиная с 10 грамм на тонну. Общее же количество редкоземельных элементов в отвалах составляет около 230-260 г на тонну.

Сырье из отвалов и готовая продукция из этого сырья всегда востребована. Изделия из силумина (трубы, запорная арматура, фитинги и т.д.) необходимы для нужд химической, газовой и нефтяной промышленности.

Таблица 2 - Химический состав горной породы на примере  
ГХК «Краснодонуголь»

Химическое соединение	Содержание, %
SiO <sub>2</sub>	45.30 – 38.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.94 – 14.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.13 – 8.58
TiO <sub>2</sub>	0.66 – 0.95
CaO	0.85 – 1.33
MgO	1.21 – 1.33
Pb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11 – 0.10
K <sub>2</sub> O	2.32 – 2.10
Na <sub>2</sub> O	0.54 – 0.64
SO <sub>3</sub>	3.60 – 8.31
SO <sub>2</sub>	1.88 – 3.51
Сульфиды	2.43 – 3.02
Прочие вещества и соединения	18.27 – 19.49

Германий, металл с очень высоким электрическим сопротивлением, используется в производстве бытовых пластмасс, в качестве катализатора в металлургии и электротехнической промышленности, в медицине, оптике, гелиоэнергетики. Германиевые стекла и линзы применяют в приборах ночного видения, в военных системах наведения. Стоимость германия превышает \$ 1 тыс. / кг.

Скандий, мягкий металл, в чистом виде довольно легко поддается обработке (ковке, прокатке, штамповке), незаменим в авиационной и космической промышленности, автопроме (моторы), криогенной техники, галогенных лампах и даже в зубном протезировании. Добавки скандия в сталь и чугун повышают их качество до статуса «Спецметалл высокой прочности». Стоимость скандия колеблется в пределах \$ 42-45 тыс. / кг.

Сфера применения галлия достаточно специфическая - производство смазочных и клеящих материалов, конструирование полупроводниковых лазеров, термоэлементов для солнечных батарей. Любопытно, что мировая потребность галлия превышает его добычу. Стоимость галлия в настоящее время составляет около \$ 1.3-1.5 тыс. / кг.

В настоящее время в мире существует несколько вариантов использования отвальной породы в качестве сырья и топлива для промышленности, разработаны различные программы их утилизации. В частности, в России отходы угледобычи приравнены к полезным ископаемым. Чаще всего используются горелые породы с минимальным (менее 5%) содержанием углистых примесей и минеральной глинисто-песчаной части, обожженной в той или иной степени. Такие породы содержатся в старых или полностью перегоревших терриконах и образуются в результате естественного обжига под влиянием высоких (до 1000<sup>0</sup>С) температур.

Особенность горелых пород заключается в их высокой микропористости и адсорбционной активности, благодаря чему они являются хорошими наполнителями для различных мастик. Физико-механические свойства таких пород позволяют использовать их как сырье для строительства тротуаров и дорог, а также в качестве заполнителей в обычных бетонах.

Горелые породы терриконов пригодны для изготовления керамзита, насыпных грунтов и кирпича. Так, уже сейчас мировая строительная промышленность все чаще ориентируется на производство кирпича именно из отвальных пород. Такой кирпич имеет высокие показатели прочности, морозостойкости и водонепроницаемости.

Кроме того, из отвальной породы можно производить плиты, перекрытия, стеновые панели, лестничные марши, лифтовые шахты и другой стройматериал. При этом использование в качестве сырья отходов угледобывающей промышленности позволяет удешевить строительство, как минимум, на 15-20 %.

Содержание угольных отвалов вполне может заменить энергетический или бурый уголь. Современные технологии их переработки позволяют использовать отвальные породы угольной промышленности в качестве топлива.

Полная утилизация. Существует еще один альтернативный способ использования терриконов - разобрать их до основания, применив в промышленности все без исключения, составляющие породного отвала. Так, заместитель директора по научной работе Макеевского НИИ по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ) Анатолий Мнухин разработал уникальный проект, согласно которому на базе закрывающихся шахт будут построены мини-заводы по комплексной стопроцентной переработке накопленной породной массы.

Проектом предусматривается извлечение из терриконов стратегически важных для страны алюминия, германия, скандия, галлия, иттрия и даже циркония. Разделение сырья на фракции планируется проводить электростатическим методом, в десятки раз дешевле и экологичнее, чем применение традиционных технологий использования огромных сепараторов со специальными техническими жидкостями. Для измельчения горной массы предлагается использовать так называемый электровзрыв.

Экскаватор будет нагружать породу на ленточный конвейер, доставлять в производственное помещение к дробилке и далее к железоотделителю (магнитная сепарация). Таким образом, вначале отделяется железо и его соединения. Затем - сплав алюминия с кремнием, далее - редкоземельные элементы: германий, скандий, галлий.

То, что остается в конце утилизационного цикла (15-20 % общего количества породы) - сырье для стройматериалов. В конечном итоге на месте террикона появляется облагороженная территория, пригодная для строительства или сельского хозяйства. А перерабатывающий комплекс в составе нескольких мобильных блоков переезжает на новое место.

Наличие на шахтах железнодорожных и автомобильных подъездных путей, помещений промышленного и бытового назначения, энергетического

комплекса позволяет значительно сократить затраты и сроки ввода в работу такого мини-завода. Кроме этого, создание предприятия обеспечит работой жителей заброшенных шахтных поселков.

По оценке автора проекта, на оснащение мини-завода всем необходимым оборудованием (плавильные печи и электрогидравлические дробилки) и закупку химреактивов нужно \$ 9.5 млн. Стоимость сырья, полученного из одного среднего объема террикона, составляет около \$ 100 млн. Плюс, после ликвидации очередного террикона появляются возможности выгодно реализовать квоты на выбросы парниковых газов согласно Киотскому протоколу.

Естественно, процесс переработки терриконов связан с некоторыми рисками. Например, наиболее известный отечественный переработчик промышленных терриконов компания «Эко-Инвест» (дочернее предприятие ЗАО «Данко») не так давно объявила о своем банкротстве.

Все начиналось еще в 2002 году, когда за счет средств «Данко» была закуплена первая установка по переработке углесодержащих отходов и установлена на промышленной площадке государственного ОАО «Шахтоуправление "Шахтерская-Глубокая", часть территории которого (около 28.5 га) «Данко» в 2002 г приняло в долгосрочную аренду. В апреле 2003 г ЗАО передало эту территорию в субаренду «Эко-инвеста» на 5 лет.

Изначально предполагалось, что проектная мощность производства антрацитовых концентратов достигнет 100 тыс т в год. Перспективы развития проекта были колоссальные, учитывая объемы накопленных в Донбассе породных масс и содержание около 200 кг угля в тонне породы террикона. Предполагалось к 2014 г извлечь около 25 млн т угля, что параллельно могло решить и экологические проблемы региона.

На начальном этапе работы ежегодно с отвалов вытягивались около 10 тыс т концентрата. Но летом 2007 года из-за высокой температуры окружающей среды террикон шахтоуправление «Шахтерская-Глубокая»

загорелся, через что компания была вынуждена остановить работы по выемке сырья.

Через несколько месяцев после пожара произошел сдвиг породы, который повредил технологическую систему разработки породного отвала (засыпан ушиб и перекрытые дороги), все это привело к парализации работы. До настоящего времени возобновить переработку отечественных терриконов в промышленных масштабах больше не удавалось никому. Были заявления по реализации в Львовской обл. инвестиционного проекта по переработке отходов, участниками которого выступили Львовская ОГА и немецкая компания Allmineral (один из мировых лидеров по технологии сухой переработки отходов угольных предприятий). Проект предусматривал привлечение 250 млн. грн инвестиций на устранение экологической угрозы, вызванной накоплением не утилизированных 42 млн. куб. м угольных отходов области. Однако до настоящего времени о практической реализации этого проекта ничего не слышно. Все вышесказанное свидетельствует о необходимости дальнейшего проведения в регионе детальных минералого-геохимических исследований отходов горной промышленности и обогатительных фабрик с целью улучшения экологической обстановки в регионе и дальнейшего поиска и вовлечения в производство легкодоступного и дешевого минерального сырья.

Несмотря на трудности и риски, перспективность использования сырья горных отвалов очевидна, т.к. их утилизация позволяет решать одновременно целый ряд экономических, социальных и экологических проблем. Постоянное удорожание сырья, извлекаемого из недр, в связи с разработкой месторождений на всё более значительных глубинах; снижение производительности труда и уменьшение темпов добычи полезных ископаемых в связи с постоянным ухудшением горно-геологических условий; осложнение ситуации с использованием рабочей силы вследствие уменьшения объема работ, вызванного истощением запасов полезных ископаемых; исключение из хозяйственного оборота больших площадей земель, занятых терриконами; загрязнение окружающей среды (почв, поверхностных и подземных вод,

воздуха) тяжелыми металлами и солями. Вовлечение в переработку сырья отвалов обеспечивает: сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений; сохранение ресурсов в недрах, так как запасов полезных ископаемых, накопившихся в терриконах, достаточно, чтобы удовлетворить потребности на многие десятилетия вперед; повышение производительности труда за счёт рентабельной переработки уже добытого сырья, являющегося готовым полупродуктом и находящегося вблизи действующих предприятий; производство дешевых стройматериалов; освобождение занимаемых отвалами земель, ликвидация источников загрязнения окружающей среды.

Таким образом, все вышеизложенное указывает на актуальность и важность проблемы переработки и полной утилизации отходов угледобывающей отрасли. Однако, как показал опыт, без поддержки государства освоить настолько рискованное, но и в то же время прибыльное направление, достаточно сложно.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ СЕРЫ В ОТХОДАХ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДОНБАССА**

**Долбиев А. Н.**, студент гр. ОПИ-14, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Шило И. Н.**, ГПОУ «ДонТЭК».

**Серафимова Л. И.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

Экология нашего региона, а также большой промышленный потенциал подтолкнули к идее: подробнее познакомиться с химическим составом донецких терриконов и отвалов горно-обогажительных фабрик. Возможно, эта работа подтолкнет к решению проблемы терриконов, которые будут не просто закапываться, а перерабатываться с извлечением полезного сырья

Уголь является не только ценным энергетическим сырьем. Его переработка дает возможность промышленности получать разнообразнейшие химические продукты. В процессе коксования угля получают кокс, необходимый для металлургии, а также множество различных соединений: бензол, фенол, нафталин, антрацен, аммиак, роданиды, цианиды и многое другое. Процесс газификации угля дает возможность получать ценное углеводородное сырье. В составе угля также присутствуют германий, скандий, уран (всего около 60 элементов). Д.И. Менделеев отмечал, что топить печь углем, все равно, что топить печь ассигнациями.

Стремительное развитие угледобывающей промышленности приносит краю также целый комплекс экологических проблем. Остановимся на экологическом аспекте этой проблемы, не углубляясь в социальную сферу.

Таким образом, ликвидация угольных шахт, которая осуществляется без учета прогнозных оценок экологических последствий с частыми нарушениями природоохранного законодательства в условиях недостаточного финансирования мероприятий, направленных на обеспечение экологической безопасности, по остаточному принципу, приводит к существенному осложнению экологической ситуации, обострению социальной обстановки.

На территории Донбасса высокая концентрация промышленности и сельского хозяйства, транспортной инфраструктуры, большая плотность населения создали огромную нагрузку на биосферу – наивысшую в Европе. Это регион с критическим состоянием окружающей природной среды. Экологические проблемы накопились на протяжении длительного времени, и приближаются к необратимым.

Подробнее остановимся на анализе сложившейся экологической ситуации вследствие массового закрытия шахт.

Установлено также, что с 1 га поверхности терриконов ежегодно ветром сдувается до 10 тонн пыли, водными потоками вымывается более 35 тонн мелкозема, значительное количество водорастворимых солей, радионуклидов, тяжелых металлов, фтора. При подтоплении и затоплении территории резко

увеличивается интенсивность растворения техногенных загрязнителей в почвах и подстилающих грунтах, что, в свою очередь, повышает риск загрязнения поверхностных и подземных водозаборов и гидросферы в целом. Загрязнение почвенного покрова вызывается также природными отвалами, количество которых в регионе составляет 566, а площадь, которую они занимают – 4,8 тыс. га, и шламовыми накопителями, количество которых составляет 240, а площадь – 980 га.

Указанные процессы негативно влияют на изменение качества почвенного покрова территорий, на которых происходит закрытие шахт.

Анализ и сопоставление данных по геохимической специализации установленных природно-техногенных типов почв и основных видов минерального сырья, извлекаемого из недр и потребляемого производственными комплексами Донбасса (углей, железных и марганцевых руд, известняков доломитов и др.), а также образующихся промышленных отходов показывают, что измененные техногенными процессами почвы, как правило, унаследуют геохимическую специализацию от минерального или вторичного сырья – через промышленные отходы или минуя их. Таким образом, определяется причинно-следственная связь в компонентной цепи: сырье - промышленные отходы - окружающая среда.

Источником повышенной радиации и вреднейших для человека химических образований (плавиковой кислоты) являются шахтные терриконы, доменные печи. Непредсказуемы последствия закрытия шахт и их затопления без научного обоснования.

Донецкие планируется сравнивать терриконы с землей, а породу использовать для строительства дорог. В крайнем случае - просто вывезти за город. Впрочем, ученые считают, если рационально использовать терриконы, выгода может быть значительно большей. Только в Донецке 68 терриконов, всего в республике их около 700. По виду - горы, по содержанию - промышленная помойка. Пылят, выделяют вредные вещества, и даже повышают радиационный фон. 20 микрорентген в час - естественный

радиационный фон в Донецке. Такой же, как на границе чернобыльской зоны отчуждения.

Природные отвалы, или терриконы, как мы привыкли их называть, являются источником выделения вредных веществ в атмосферный воздух: это оксид азота, оксид углерода, сернистый газ. Если брать последние данные по Донецкой области, то с этих отвалов выделяется около 70 тыс. тонн загрязняющих веществ в год.

По данным кафедры разработки полезных ископаемых Донецкого национального технического университета в породных отвалах высокое содержание редкоземельных металлов - галлия, германия, почти вся таблица Менделеева, есть даже золото и алюминиевая руда, особенно много серы. Промышленная разработка терриконов реальна лишь в отдаленном будущем. Очистить город от вредных для здоровья горожан отвалов можно сегодня.

Таким образом, эколого-геохимические исследования почв, рек, растений, аэрозольных выпадений промышленных агломераций Донбасса свидетельствуют о состоянии экологического кризиса.

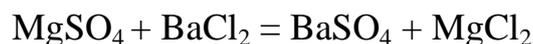
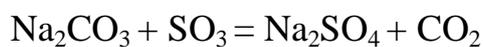
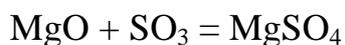
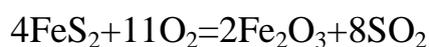
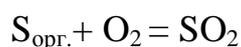
Изучение материалов по проблеме использования отходов горнодобывающих предприятий подтолкнули к идее: подробнее познакомиться с химическим составом донецких терриконов и отвалов горно-обогатительных фабрик. Большой процент серосодержащих соединений попадает с породой на терриконы, что вызывает попадание их задымленность. Иногда происходит самовозгорание терриконов. Процессы, происходящие внутри террикона, практически непредсказуемы.

В нашей работе мы решили заняться исследованием химического состава пород различных терриконов с целью исследования возможных путей их переработки.

Первая часть работы посвящена определению содержания серы в породах донецких терриконов. Было определено содержание серы в образцах породы, которые взяты с глубины 0,80-1,00 м на терриконах действующих шахт г.

Донецка: им. Засядько (1), им. Скочинского (2), на старых терриконах шахты Ливенка (3) и шахты им. Шверника (4).

Для работы была использована стандартная методика определения массовой доли общей серы через сульфат бария. Метод основан на прокаливании со смесью оксида магния и карбоната натрия (смесь Эшка), растворении образующихся сульфатов в воде, осаждении сульфат-иона в виде сульфата бария и определении массы  $BaSO_4$ .



Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание серы в породах донецких терриконов

шахта	1	2	3	4
$S_{общ.}$	1,342	1,837	0,254	0.327

Достаточно большое содержание серы в породе терриконов шахт, которые работают, меньшее содержание в породе старых терриконов.

Выводы: Рассматривая вариант переработки отходов горнодобывающих предприятий можно предложить реконструировать существующие цеха по производству серной кислоты, добавив печь для обжига твердого сырья на коксохимических заводах.

## АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНДУКЦИОННОГО ПЕРИОДА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ФЛОТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

**Татарина А. В.**, студентка гр. ОПИ-13, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Серафимова Л. И.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ»

В настоящее время наименее исследован индукционный период. Общеизвестно, что имеется определенный промежуток времени, именуемый индукционным периодом между моментом столкновения пузырька с частицей и моментом прилипания. Однако трудно указать точный момент столкновения: начинается ли он при расстоянии между пузырьком и частицей равном 1 мм или 1 м для преодоления этой трудности имеется два пути: можно избрать некоторое произвольное расстояние, как начало столкновения или определить индукционный период в величинах некоторой гипотетической или упрощенной модели явления.

Для относительно длительных индукционных периодов эта неопределенность момента времени не имеет существенного значения. Действительно, можно получить много сведений о длительных индукционных периодах наблюдением погруженных пузырьков и подготовленных минеральных поверхностей. Для этой цели используется без всяких изменений аппарат для измерения краевых углов.

Перед тем как произойдет прилипание пузырька и частицы, должна быть удалена разделяющая их пленка жидкости, и это требует конечного времени. В этом смысле всегда имеется конечный индукционный период, даже в тех случаях, когда поверхность полностью обработана собирателем и максимально гидрофобизирована. Для поверхности парафина в чистой воде этот индукционный период очень мал. Однако Уорк показал. Что в присутствии растворенного бромистого гексадецилтриметиламмония индукционный период возрастает по мере увеличения концентрации и, наконец, становится бесконечно большим. Действительно, в концентрированном растворе

длинноцепочечного электролита пузырёк воздуха не прилипает ни к одной поверхности. По-видимому, причиной этого является существование на границе вода – воздух определенной неподвижной пленки реагента наряду с обычной жидкой пленкой. В согласии с этим объяснением установлено, что индукционный период зависит от возраста пузырька, соответственно медленному достижению минимума поверхностного натяжения, т.е. максимальной адсорбции в случае соединений с длинными углеводородными цепями. Более подвижные пленки обычных пенообразователей не вызывают подобных трудностей. Напротив, Дзенизиевич и Прайор нашли, что сосновое масло уменьшает индукционный период для системы галенит – ксантогенат.

Хассиалис и Миерс на основании исследования подвижности ионов собирателя на минеральной поверхности, пришли к выводу, что ионы стремятся двигаться к тем участкам поверхности, которые отделены от пузырька воздуха пленкой воды. По их теории пузырек воздуха вызывает движение ионов на близлежащей к нему минеральной поверхности и когда она становится достаточно гидрофобной, разделяющая их пленка жидкости разрывается. Таким образом, индукционный период согласно этой теории соответствует времени накопления плотного ксантогенатного покрытия в том месте поверхности, где пленка воды имеет наименьшую толщину.

Таггарт и Хассиалис показали, что в разбавленных растворах этилового ксантогената краевой угол на галените изменяется в зависимости от времени в течение которого пузырек был прижат к галениту (табл. 1). Эти результаты указывают на медленность распространения пузырька по поверхности галенита.

Имеется много доказательств того, что для вторичного прилипания воздушного пузырька к минеральной поверхности требуется меньший индукционный период, чем для прилипания в первый раз. Галимонд отметил, что аэрированный или однажды сфлотированный минерал флотируется быстрее, чем свежесвеженный.

Таблица 1 – Зависимость краевого угла смачивания на галените от времени

№ опыта	Время соприкосновения	Краевой угол
1	<20 мин. 20 мин.	0° Слабое прилипание
2	30 мин. 20 мин.	30° Слабое прилипание
3	30 мин. 1 час 30 мин.	45° - 50° 25° 52°

Робель изучал влияние высокого гидростатического давления на флотацию галенита в растворе ксантогената. Известно, что при высоком гидростатическом давлении растворяются и взвешенные в жидкости пузырьки и воздух адсорбированный поверхностями твердых тел. Поэтому неудивительно, что при обработке высоким давлением Робель наблюдал плохую флотацию. Следует отметить, что удаление воздуха с гидрофобных поверхностей обработкой давлением или другим методом оказалось весьма трудным.

Свел-Нильсон впервые предпринявший изучение индукционного периода, предложил метод оценки относительно коротких индукционных периодов. В этом методе можно было вызывать колебания пузырька (находящегося в держателе) относительно погруженной минеральной поверхности с различной и измеримой частотой. При высоких частотах колебаний пленка воды, отделяющая пузырек от поверхности, не успевала достаточно утоньшиться и разорваться, но при колебаниях низкой частоты эта пленка удалялась, и происходило прилипание. Свел-Нильсон принимал, что индукционный период был меньше или равнялся периоду колебания той частоты, при которой впервые обнаруживалось прилипание. Обычно индукционный период, определенный этим методом для минерала, подготовленного к флотации, был в пределах от 0,01 до 0,1 с. Можно было получить индукционные периоды величиной в несколько минут, но они соответствовали плохой флотиремости.

Свен-Нильсон нашел, что величина индукционного периода, определяемая его методом, зависела от концентрации присутствующих в растворе подавителей. Имелась зависимость и от размера пузырька – индукционный период возрастал в десять раз при увеличении диаметра пузырька в пять раз. Степень деформации пузырька во время прижимания к поверхности не имела значения.

Можно предполагать, что последние наблюдения были характерны не столько для природы явления, сколько для метода измерения.

Применяя исходную методику, но используя вместо плоской поверхности слой частиц, М.А. Эйнгеле обнаружил для загрязненных (омасленных) частиц флюорита, барита и кальцита большие различия в величинах индукционного периода – от 0,04. до 1800 с. При этом наблюдалась некоторая зависимость от размера частиц, но сомнительно, чтобы она сохранилась для очень коротких индукционных периодов. Введение растворимого собирателя олеата натрия уменьшало индукционный период до величины около 0,01 секунды.

Для изучения коротких индукционных периодов О.С. Богданов и М.И. Филановский и позднее Спедден и Ханнанпровели киносъемки столкновения и слипания пузырьков и частиц. Эти исследования выяснили порядок величины видимого времени соприкосновения между сталкивающимися пузырьками и частицами. Если они прилипают друг к другу, то можно сказать, что индукционный период не может превышать видимого времени соприкосновения, которое, согласно этим исследованиям, варьирует от одной тысячной до нескольких сотых секунды.

А.Н. Фрумкин и А. Городецкая использовали для изучения прилипания другую методику, состоявшую в том, что пузырек водорода прижимали к поверхности ртути, предварительно очищенной использованием её в качестве катода. К такой поверхности пузырек прилипал, но если ей сообщали электроположительный заряд, прилипания не происходило. При изменении электрического потенциала поверхности индукционный период возрастал при увеличении размера пузырька. Толщина пленки между пузырьком и ртутью

определялась по интерференционным полосам, образующимся при отражении света от верхней и нижней поверхности жидкой пленки.

Исследователи пришли к заключению, что на некоторой стадии утоньшения пленка разрывается, образуя новую пленку толщиной в несколько молекул с большим числом капель на ней. Отсюда не следует что и в тех случаях, когда вода свободно стекает с гидрофобной поверхности, должна образовываться такая же пятнистая структура (капли на пленке).

Выводы А.Н. Фрумкина были основаны главным образом на работе Б. Дерягина и М. Кусакова. Перед рассмотрением их работы необходимо отметить, что индукционный период состоит из трех различных стадий. Первая стадия – уменьшение толщины слоя жидкости между минералом и пузырьком. Вторая стадия – разрыв пленки в какой-нибудь точке и третья стадия – распространение воздуха по остальной поверхности (или удаление воды с нее). Можно предполагать, что неровности поверхности облегчают вторую стадию, но шероховатость поверхности, вызывающая заметный гистерезис, увеличивает время распространения. Б. Дерягин и М. Кусаков изучали уменьшение толщины слоя жидкости между пузырьком воздуха и гидрофильной поверхностью. По мере утоньшения возникали различия в толщине жидкой пленки. Эльтон продолжил эти наблюдения, тщательно изучая приближение пузырька к чистой поверхности кремнезема. Эванс проверил наблюдения Эльтона и изучил утоньшение пленки над гидрофобной поверхностью.

Пленка, удержанная между пузырьком и поверхностью, сначала рвется на тонком внешнем кольце, и части жидкости центральной линзы, не успевшая вытечь через кольцевую щель на периферии, разрывается на капли. Этот процесс разрушения сходен с разрывом мыльной пленки в воздухе; распространение разрыва происходит наиболее быстро по наиболее тонким участкам пленки.

Из результатов этих авторов можно сделать вывод, что в различных точках поверхности наблюдается различная величина индукционного периода: она сильно зависит от небольших неправильностей контура смачивания, от

степени загрязнения или реакций на поверхности, от наличия адсорбированного воздуха или прилипших мелких пузырьков и вероятно, от многих других факторов. Эти различия не удалось устранить полностью, их можно было лишь уменьшить. Поэтому неудивительно, что частицы во флотационной пульпе ведут себя по-разному. Пока не удалось получить убедительные доказательства значения индукционного периода при формировании флотационного комплекса.

## **ПРОВЕТРИВАНИЕ ШАХТ В ПЕРИОД ЗАКРЫТИЯ, РЕКОНСТРУКЦИИ И КОНСЕРВАЦИИ**

**Медведев Д. А.**, студент группы Шск-16, ГОУ ВПО «ДонНТУ».

**Науменко В. Г.**, руководитель НИРС, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «ДонНТУ».

В 90-х годах, после увеличения использования природного газа и нефти, а также отработкой запасов шахт - началась массовая тенденция закрытия и реконструкции шахт. На территории Украины было закрыто и реконструировано более 100 шахт (в среднем 5 шахт за год). Эта тенденция продолжается и сейчас. В результате ведения боевых действий ВСУ Украины в 2014-2015 годах, в Донецкой Народной Республике, пострадало большое количество шахт. Некоторые из них предстоит реконструировать, законсервировать, или даже закрыть.

Проветривание шахт - это процесс, протекающий непрерывно и предназначен для решения комплекса задач, связанных и обеспечением безопасных и комфортных условий труда рабочих, а именно: обеспечением необходимым количества воздуха очистных и подготовительных забоев, выемочных участков; камер и погашаемых участков; обособленно проветриваемых выработок. Все вышесказанное обеспечивается при помощи вентиляторов главного проветривания. При выборе которых должна

учитываться: надёжность и экономическая целесообразность (цена и энерговооружённость ВГП). Принятия эффективных управленческих решений, сочетающих в себе опыт профессионалов и определённые условия, которые складываются в конкретный момент времени и требуют решения оперативных и стратегических задач.

Поэтому выбранная тема научно-исследовательской работы является актуальной, так как в условиях экономической нестабильности особое значение приобретает повышение качества и эффективности денежных потоков как одного из основных результативных показателей деятельности предприятия.

Целью написания работы является исследование теоретических и практических аспектов выбора и обоснования применения того или иного типа ВГП.

Для достижения поставленной цели в научно-исследовательской работе необходимо решить следующие задачи:

- раскрыть теоретические аспекты расчёта и выбора ВГП;
- раскрыть теоретические аспекты расчёта количества воздуха необходимого для проветривания обеспечением необходимым количества воздуха очистных и подготовительных забоев, выемочных участков; камер и погашаемых участков; обособленно проветриваемых выработок;
- дать общую характеристику состояния проветривания шахты;
- проанализировать возможность применения другого типа ВГП, с учётом соблюдения требований: Правил безопасности в угольных шахтах, Правил технической эксплуатации угольных шахтах, Инструкций к правилам безопасности в угольных шахтах, Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт;
- предоставления оценку научно-исследовательской работы.

Объектом исследования является состояние проветривания на шахте «Лидиевка» города Донецк, Донецкой Народной Республики, а также дальнейшее её назначение.

Планом реконструкции шахты предусмотрено использование шахты «Лидиевка» в качестве главного водоотлива для ряда соседних шахт. По состоянию на 07.07.2015 года, шахта обеспечена необходимым количеством воздуха и не относится к труднопроветриваемым.

В данный момент проветривание шахты осуществляется ВГП типа ВЦ-25 с мощностью привода 160 кВт, расчётное количество воздуха составляет 1465 м<sup>3</sup>/мин, а фактическое 1785 м<sup>3</sup>/мин.

Исходя из назначения использования шахты не предусматривается развитие горных работ, а наоборот будет вестись погашение ряда горных выработок. Исследование существующих подходов к проветриванию и неэффективности управления, показало, что в условиях рыночных отношений, они являются не только комплексной характеристикой финансово - хозяйственной деятельности предприятия за соответствующий период, но и важным индикатором текущего и будущего финансового положения.

Однако, на наш взгляд, более точный выбор ВГП, который в последующем будет использоваться достаточно большой период времени, и может привести к определённым положительным эффектам.

Проведённое исследование и анализ дают основания для утверждения, что в качестве ВГП рациональней применить В.Ц-50-9.01 мощностью привода 30 кВт, который вполне обеспечит шахту необходимым количеством воздуха и в тоже время сократит энергопотребление.

Соответственно затраты на электроэнергию составят порядка 1,4 млн. кВт и 0,3 млн. кВт, а экономия 1,1 млн.кВт в год. Экономическая эффективность не рассчитывалась, так как не учитывались цены на электроэнергию и материальные затраты на покупку вентилятора, а также демонтаж старого и монтаж нового оборудования.

#### **Список источников:**

1. Государственный нормативный акт. Правила безопасности в угольных шахтах. – К., Основа, 2010.

2. Государственный нормативный акт. Правила технической эксплуатации угольных шахтах. – К., Основа, 2007.

3. Государственный нормативный акт. Инструкции к правилам безопасности в угольных шахтах. – I и II Том. - К., Основа, 2010.

4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. - К.: Основа, 2011.