

Учредитель: Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

**Главный редактор**  
КАНТОВИЧ Л.И.

**Зам. гл. редактора**  
ИВАНОВ С.Л.  
ЛАГУНОВА Ю.А.

**Редакционный совет:**

КОЗОВОЙ Г.И.  
(сопредседатель)  
ТРУБЕЦКОЙ К.Н.  
(сопредседатель)  
АНТОНОВ Б.И.  
ГАЛКИН В.А.  
КОЗЯРУК А.Е.  
КОСАРЕВ Н.П.  
МЕРЗЛЯКОВ В.Г.  
НЕСТЕРОВ В.И.  
ЧЕРВЯКОВ С.А.

**Редакционная коллегия:**

АНДРЕЕВА Л.И.  
ГАЛКИН В.И.  
ГЛЕБОВ А.В.  
ЕГОРОВ А.Н.  
ЕДЫГЕНОВ Е.К.  
ЖАБИН А.Б.  
ЗЫРЯНОВ И.В.  
КАРТАВЫЙ Н.Г.  
КРАСНИКОВ Ю.Д.  
КУЛАГИН В.П.  
МАХОВИКОВ Б.С.  
МИКИТЧЕНКО А.Я.  
МЫШЛЯЕВ Б.К.  
ПЕВЗНЕР Л.Д.  
ПЛЮТОВ Ю.А.  
ПОДЭРНИ Р.Ю.  
САВЧЕНКО А.Я.  
САМОЛАЗОВ А.В.  
СЕМЕНОВ В.В.  
СТАДНИК Н.И.  
СТРАБЫКИН Н.Н.  
ХАЗАНОВИЧ Г.Ш.  
ХОРЕШОК А.А.  
ЮНГМЕЙСТЕР Д.А.

**Редакция:**

БЕЛЯНИНА О.В.  
ДАНИЛИНА И.С.

**Телефоны редакции:**

(499) 269-53-97, 269-55-10

**Факс** (499) 269-55-10

**E-mail:** [gma@novtex.ru](mailto:gma@novtex.ru)

**http://novtex.ru/gormash**

## СОДЕРЖАНИЕ

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОАО "УРАЛАСБЕСТ"

<b>Салахийев А.Г.</b> 125 лет со дня открытия Баженовского месторождения хризотил-асбеста .....	2
<b>Головнёва Т.П.</b> Эксплуатация экскаваторов-драглайнов в условиях ОАО "Ураласбест" .....	7

### ОТКРЫТЫЕ РАБОТЫ

<b>Сесёкин А.А.</b> Опыт эксплуатации бурового оборудования ударно-вращательного бурения на карьерах ОАО "Ураласбест" .....	10
<b>Синицын В.А., Сесёкин А.А.</b> Особенности ведения буровзрывных работ .....	13

### ГОРНЫЙ ТРАНСПОРТ

<b>Симанов Е.В.</b> Парк карьерного автотранспорта ОАО "Ураласбест" .....	17
<b>Дедюхин А.В.</b> Модернизация тягового агрегата ПЭ-2 .....	19

### ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

<b>Контеев О.Ю.</b> Эксплуатация мобильного оборудования ЗАО "Метсо Минералз СНГ" на ОАО "Ураласбест" .....	22
<b>Лагунова Ю.А., Вознюк Я.Ю.</b> Особенности конструкции и принцип действия центробежных дробилок .....	24
<b>Худяков А.Г., Червяков С.А.</b> Опыт эксплуатации конусных дробилок на обогатительной фабрике ОАО "Ураласбест" .....	30
<b>Лагунова Ю.А., Суслина Е.С.</b> Анализ работы системы смазки в дробильно-размольном оборудовании .....	34

### НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

<b>Чернышов В.И.</b> Новая продукция ОАО "Ураласбест" .....	40
<b>Лагунова Ю.А., Контеев О.Ю.</b> Диверсификационный проект "Русский магний" .....	44

### НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

<b>Афанасьев А.И., Потапов В.Я.</b> Факторы, определяющие математическую модель движения куска горной массы во фрикционном сепараторе ..	49
--	----

### ПОДГОТОВКА КАДРОВ

<b>Куклин Н.Е., Лагунова Ю.А., Шестаков В.С.</b> Сотрудничество Уральского государственного горного университета и ОАО "Ураласбест" в области подготовки специалистов .....	52
---	----

### ЛИЧНОСТИ

<b>Вспоминая</b> Л.С. Скобелева .....	56
---------------------------------------	----

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук, и входит в систему Российского индекса научного цитирования.

УДК 622

А.Г. Салахиев, канд. техн. наук, гл. инж., ОАО "Ураласбест"

E-mail: vice1@engineer.uralasbest.ru

## 125 лет со дня открытия Баженовского месторождения хризотил-асбеста

---

*Статья посвящена истории освоения Баженовского месторождения, описанию парка технологического оборудования.*

**Ключевые слова:** Баженовское месторождение, технологическое оборудование, карьер, обогатительная фабрика, карьерный транспорт.

A.G. Salakhiev

## 125 Years Since the Operating Bazhenov Deposit of Chrysotile-Asbest

---

*The article describes the history of the development Bazhenov deposit, description of the park technological equipment.*

**Keywords:** Bazhenov deposit, processing equipment, quarry, ore mill, quarry transport.

В 2010 г. открытое акционерное общество "Уральский асбестовый горно-обогатительный комбинат" отмечает 125-летие со дня открытия и начала разработки Баженовского месторождения.

Баженовское месторождение хризотил-асбеста является одним из богатейших в мире по своим запасам, уникальным по широте набора волокна, его длине и прочности, в котором отсутствуют вредные для здоровья волокна крокодилита, тремолита.

Месторождение было открыто в 1885 г. землемером-топографом А.П. Ладыженским в 60 км к северо-востоку от г. Екатеринбурга при выполнении работы по отводу площадей для разработки россыпного золота.

Однако случайным это открытие назвать нельзя. Наличие в этом районе асбеста, серпентинитов и сопровождающих их перидотитов впервые было установлено и описано ранее выдающимся российским геологом А.П. Карпинским.

20 июня 1889 г. горный департамент дал разрешение на добычу асбеста. Эта дата является официальной датой начала горных работ на Баженовском месторождении асбеста, в том же го-

ду были добыты первые 900 пудов сортового асбеста.

Систематическое изучение месторождения началось только в 1922 г. с организацией треста "Ураласбокомбинат". В это время была составлена первая детальная геологическая карта района с описанием геологического строения и петрографического состава горных пород.

В дальнейшем пересчет запасов проводился на месторождении несколько раз. Такие работы проводились в 1925–1927 гг. геологическим комитетом под руководством чл.-корр. АН СССР П.М. Татаринова, а в 1938 г. – Центральным геологоразведочным институтом. Для более углубленного изучения Баженовского месторождения асбеста организуется Баженовская геологоразведочная партия, которой в 1949 г. были проведены разведочные работы до глубины 300 м.

В 1980–1984 гг. той же Баженовской партией на месторождении была проведена детальная разведка в пределах проектных контуров карьеров комбината, проведен четвертый генеральный пересчет запасов асбеста. Утвержденные запасы в объеме 69 502 тыс. т (категории В+С) обеспечивают работу комбината не менее чем на 100 лет.

В самом начале эксплуатации месторождения все горные работы велись примитивно вручную. Кайло, лопата, лом, клин и кувалда – вот немудреный инструмент тогдашнего горняка. Транспортировали руду с помощью тачек, носилок и конных подвод. До 1900 г. из руды извлекали только длиноволокнистый асбест, обогащение проводилось убогой и примитивной техникой. Максимальный уровень производства асбеста в 1913 г. составил 22,5 тыс. т.

После Октябрьской революции и с образованием "Ураласбокомбината" работа на месторождении приобретает плановый характер, происходят увеличение масштабов производства и механизация производственных процессов, строятся первые асбестообогащительные фабрики. В 1929 г. было добыто 1625 тыс. т горной массы и выработано 33 тыс. т асбеста.

В тридцатые и пятидесятые годы горные работы ознаменовались более эффективной механизацией и внедрением более совершенных систем разработки месторождения. Карьерный транспорт оснащается новой, более производительной техникой, масса поезда увеличивается до 120 т, в карьеры поступают экскаваторы с ковшом вместимостью 3 м<sup>3</sup>.

Великая Отечественная война заставила консервировать часть предприятий, но по окончании тяжелого военного времени начинаются новое освоение производственных мощностей, восстановление оборудования после консервации и дальнейшее совершенствование технологических процессов. К концу 1950-х гг. объемы горных работ составили 17,2 млн т, производство асбеста достигло 195 тыс. т / год.

С ростом потребности народного хозяйства в асбестовых изделиях необходимы были дальнейшее усовершенствование технологии и обновление технологического оборудования карьеров и обогащительных фабрик. В 1951 г. было разработано первое комплексное задание по реконструкции и строительству асбестовых предприятий, в котором предусматривалось использование всех балансовых запасов. В этот период в карьерах в большом количестве вводятся в работу экскаваторы СЭ-3, станки канатно-ударного бурения БУ-2 и БС-1, электровозы производства Новочеркасского завода и думпкары производства Калининградского завода, полностью электрифицируется железнодорожный транспорт. В обогащительном переделе ликвидируются старые фабрики и в строй вводятся современные фабрики № 5 и № 4. В проектах фабрик нашли отражение многие прогрессивные технологические ре-

шения того времени: поточно-транспортная система, механизированный склад сухой руды, система очистки технологического и аспирационного воздуха в 2-стадиальных устройствах, механизированный склад подготовки групп и марок асбеста. За этот период объемы горных работ выросли до 40 млн т, а производство асбеста – до 570 тыс. т, что позволило превзойти по выработке асбеста основного в мире производителя этого полезного ископаемого – Канаду.

В 1957 г. было принято специальное постановление Совета Министров СССР по развитию асбестовой промышленности. Во исполнение постановления развернуто строительство фабрики № 6, которая должна обеспечить переработку всех руд месторождения, организован перевод карьерного транспорта с колеи 1000 мм на широкую колею, карьеры и обогащительные фабрики оснащаются новым высокопроизводительным оборудованием. При переводе железнодорожного транспорта на колею 1524 мм и напряжение в контактной сети 1650 В стали применяться электровозы сцепным весом 150 т и думпкары грузоподъемностью 50...100 т, при этом полезная масса поезда увеличилась с 90...120 до 450...500 т, руководящие уклоны – с 21 до 40 %. Суточная производительность локомотивов выросла в 2,7 раза. В 1963 г. в эксплуатации находились свыше 120 электровозов 21-Е и ЕЛ-1, более 600 вагонов-думпкаров. Протяженность железнодорожных путей составила 270 км, стала внедряться их крановая укладка.

В эти годы экскаваторный парк пополняется машинами ЭКГ-4, ЭКГ-5, ЭКГ-8, а в буровых работах начинают использоваться станки шарошечного бурения БШ-150, которые специалисты комбината спроектировали и изготовили в сотрудничестве с Московским горным институтом. Данные станки обеспечили в 3 раза большую производительность, чем станки канатно-ударного бурения и это явилось началом широкого внедрения шарошечного бурения на асбестовых карьерах.

В эти же годы на всех асбестообогащительных фабриках широким фронтом развернулось техническое перевооружение всех технологических переделов. Устаревшее оборудование заменяли на более совершенное и производительное. Кулачковые дробилки сменили на вертикально-молотковые, плоскокачающиеся грохоты – на грохоты инерционного действия, сортовки – на асбестовые обеспыливатели, для извлечения коротковолокнистого асбеста нашли применение

расसेвы ЗРМ, для обработки промпродуктов был разработан и внедрен распушитель.

С 1 января 1965 г. трест "Союзасбест" преобразован в Уральский асбестовый горно-обогаительный комбинат "Ураласбест".

За 1958—1965 гг. объемы горных работ возросли до 100 млн т, а производство асбеста — до 1063 тыс. т.

Деятельность предприятия в 1966—1990 гг. во многом определялась принятым постановлением ВСНХ СССР "О техническом перевооружении асбестовой промышленности и об улучшении качества асбеста", где были определены меры по ускорению строительства фабрики № 6 и установлено задание, направленное на усовершенствование технологии обогащения текстильных групп асбеста из руд механизированной добычи.

На фабрике № 6 впервые в мире была создана технология обогащения бедных руд, обеспечивающая комплексное использование Баженовского месторождения асбеста, повышение качества продукции, радикальное улучшение условий труда и чистоту воздушного бассейна. Здесь впервые в асбестовой промышленности была внедрена централизованная система пневмотранспорта и аспирации в сочетании с установкой очистки воздуха в рукавных фильтрах, позволившая решить одновременно проблемы высокоэффективной очистки воздуха от пыли, рециркуляции очищенного воздуха в корпус обогащения и его отопления. Для ввода в эксплуатацию (проектная мощность фабрики № 6 по переработке руды составляла 12 млн т, по производству асбеста — 320 тыс. т/год) требовалось выполнить громадный строительный объем по возведению зданий и сооружений, смонтировать более 6000 единиц технологического и транспортного оборудования. В 1969 г. фабрика была сдана в промышленную эксплуатацию, в 1971 г. — освоена проектная мощность. В дальнейшем за счет реконструкции за период 1973—1978 гг. производительность фабрики выросла более чем в 2 раза.

Одновременно с этим на фабрике № 4 была внедрена технология переработки высококачественных руд из руд механизированной добычи. Это позволило ликвидировать ручной труд на фабрике и в карьерах при добыче и обогащении высококачественных руд. За строительство и реконструкцию фабрик № 4 и № 6 большая группа специалистов комбината была удостоена премии Совета Министров СССР.

За период 1966—1971 гг. решена проблема бурения скважин в карьерах. За эти годы внедрено 40 высокопроизводительных и надежных в работе шарошечных станков вертикального и наклонного бурения 2 СБШ-200 и 2 СБШ-200Н и началось применение буровых станков СБШ-250МН, что позволило увеличить производительность буровых работ в 3,8 раза.

По технической оснащенности и внедрению передовых технологий карьеры комбината представляли собой высокомеханизированные горно-рудные предприятия. В эти годы идет непрерывный интенсивный рост объемов горной массы и необогащенной руды, карьеры и отвалы оснащаются самым современным горно-транспортным оборудованием, выпускаемым в нашей стране — экскаваторами производства Ижорского завода с ковшем вместимостью 8...10 м<sup>3</sup> и Красноярского завода вместимостью 12,5 м<sup>3</sup>, а также шагающие экскаваторы ЭШ 10/70. Перевозка горной массы осуществляется тяговыми агрегатами ПЭ-2М с полезной массой поезда 930 т и большегрузными автосамосвалами БелАЗ грузоподъемностью 30 и 110 т.

В эти годы специалисты комбината разработали большое количество оборудования, помогающего быстро и с минимальными затратами ручного труда выполнять работы по переукладке и строительству железнодорожных путей с контактной сетью, вести оперативное переустройство ЛЭП-6 кВ, ведение взрывных работ. В это время были внедрены снегоочистители для очистки железнодорожных путей от снега, для перевозки опор ЛЭП разработаны и изготовлены опороперевозчики на базе автомобиля КраЗ-256 и трактора Кировец-700, кабельный барабан на базе колесного трактора для перевозки кабеля и многое другое. Применение этой техники позволило выполнять одновременно большой объем работ по переукладке путей и строительству контактной сети, что способствовало повышению производительности экскаваторов и железнодорожного транспорта.

Значительно усовершенствована система электроснабжения, осуществлено телемеханизированное управление головными подстанциями с единого диспетчерского пункта. На всех тяговых подстанциях ртутные выпрямители заменены кремниевыми, что увеличило их мощность на 60 % и значительно улучшило условия труда обслуживающего персонала. Для освещения больших площадей карьеров впервые внедрены мощные ксеноновые лампы.

К 1990 г. объем горных работ составлял 173 млн т, а производство асбеста достигло 1113 тыс. т.

Переход на рыночные отношения вызвал коренную перестройку работы комбината. В 1992 г. комбинат "Ураласбест" преобразован в открытое акционерное общество "Уральский асбестовый горно-обоганительный комбинат".

В связи с перестройкой промышленности резко сократились объемы промышленного и жилищного строительства, строительство железных и шоссейных дорог, полностью прекратились работы по мелиорации земель, произошел спад производства в машиностроении и оборонных отраслях, что сказалось на спросе на продукцию комбината. В то же время развернувшаяся в мире, прежде всего в странах Западной Европы и США, антиасбестовая кампания, носящая в основном конкурентный характер, значительно снизила экспортные возможности комбината и обострила конкуренцию на международных рынках асбеста. Снизилась эффективность поставок за пределы России. Неблагоприятная для комбината ценовая политика привела к тому, что поставки асбеста на экспорт едва покрывали текущие расходы производства. На экспорт комбинат поставляет не менее 50 % вырабатываемого асбеста. Объемы производства и добычи руды сократились в 3 раза, а объемы горно-подготовительных работ – более чем в 4 раза.

Резко выросла себестоимость продукции, комбинат из высокорентабельного предприятия превратился в убыточное производство.

Для стабилизации положения предприятием был разработан и осуществлен ряд программ. Наиболее существенные из них – мероприятия по сокращению затрат на производство, по повышению качества и конкурентоспособности продукции, по расширению ассортимента и объемов производства щебня и песчано-щебеночных смесей. Одной из важнейших мер по сокращению затрат явилось сосредоточение горных работ в центральном, наиболее богатом участке месторождения, в направлениях, требующих минимального объема добычи пустых пород. Все горное производство было объединено в единое управление, что позволило улучшить результаты в управлении горным производством, в планировании горных работ в рамках одного предприятия с более рациональной схемой вскрытия карьеров и с единой транспортной схемой развития. Из карьеров было выведено излишнее горно-транспортное оборудование, демонтированы освободившиеся станции, перегоны и другие

карьерные коммуникации. За счет организации внутренних отвалов произошло значительное сокращение среднего расстояния откатки горной массы железнодорожным транспортом.

Существенное значение в экономике имело осуществленное в эти годы внедрение на взрывных работах водоэмульсионных взрывчатых веществ (ВВ) что позволило почти полностью отказаться от применения ВВ промышленного изготовления и комплексно механизировать все процессы взрывных работ в карьере. Выполненные мероприятия позволили сократить затраты горного передела в себестоимости продукции в 1,7 раза [1].

На обогательном комплексе были объединены фабрики № 4 и № 6, выведены из эксплуатации незагруженные мощности по производству асбеста – 3-я секция фабрики № 4 и фабрика № 5. Большая работа была проведена по повышению качества асбеста. Для планомерного выполнения поставленных задач в 1994 г. была разработана долгосрочная программа по улучшению качества обеспечения выпуска конкурентоспособной продукции, соответствующей "Особым условиям поставки на экспорт", продукция вырабатывалась по условиям отдельных потребителей с показателями выше требований ГОСТ. Такая работа способствовала не только сохранению постоянных партнеров, но и приобретению новых рынков сбыта. За высокое качество и отличные физико-механические свойства уральского хризотил-асбеста комбинат был награжден:

- в 1992 г. – Международной Золотой Звездой за качество (Испания);
- в 1995 г. – Международной наградой «Факел Бирмингема» (США);
- в 1996 г. – Международной Золотой Звездой за качество (Испания);
- в 1997 г. – XXV Международным призом за качество (Франция);
- в 2002 г. – XXX Международным призом за качество (Франция).

В 1996 г. на комбинате подготовлена и внедрена Система обеспечения качества по версии Международного стандарта ИСО 9002. Система была сертифицирована независимым органом по сертификации TUV CERT (Германия).

В 2004 г. на комбинате внедрена современная Система менеджмента качества по версии Международного стандарта ИСО 9001. Сертификация проведена немецкой фирмой "TUV INTERNATIONAL RUS Ltd.". В настоящее время данная система распространена на производ-

ство нерудных строительных материалов. Работа по улучшению качества и расширению номенклатурного состава строительных материалов ведется в соответствии с программой "Добыча и комплексная переработка бедных асбестовых руд и отходов обогащения", являющихся составной частью федеральной программы "Переработка техногенных образований Свердловской области". На фабрике были созданы дополнительные мощности по производству нерудных строительных материалов из скальных пород и отходов обогащения, имеющих потребительский спрос, построены открытые склады, дозировочные пункты, весовые, оснащенные компьютерной техникой, улучшено путевое развитие станции "Фабрика № 6".

Качество, разнообразие, гибкость номенклатуры, огромные объемы производства строительных материалов, выпускаемых комбинатом, определили им широкую известность и конкурентоспособность по всей территории России. Комбинат имеет сертификаты соответствия в системе ГОСТ Р – на песок, смеси С2, С4, С12, БХ, щебень фракций 5...10; 5...20; 20...40 и 40...80 мм; в системе "Регистр сертификации на федеральном железнодорожном транспорте" на щебень фракции 25...60 мм. Все строительные материалы соответствуют государственным санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам, что подтверждено органами Роспотребнадзора.

Большое внимание на комбинате уделяется охране окружающей среды. В июне 2004 г. на комбинате внедрена Система управления окружающей средой (СУОС) в соответствии с требованиями Международного стандарта ИСО 14001. Аудит провели сертификационный орган Евро-серт-Урал совместно с Австрийским сертификационным органом OQS—членом международной

сети IQNET. Комбинату выдан Международный сертификат.

Осуществление всех этих и других мер позволило стабилизировать работу предприятия, выйти из зоны убыточности. В последние годы предприятие работало устойчиво, с опережением выполняя свои обязательства по погашению задолженности перед бюджетами всех уровней, своевременно выплачивая заработную плату.

Кризис 2007 г. внес свои отрицательные коррективы в развитие ОАО "Ураласбест". Снова упал спрос на продукцию предприятия, и в этих тяжелых условиях было принято решение о строительстве завода по производству теплоизоляционных минераловатных материалов. Была закуплена технологическая линия словенского производства, которая в настоящее время смонтирована и строительные работы по заводу находятся в стадии завершения. Пуск завода, проектная мощность которого составляет 44 тыс. т / год минеральной плиты, намечен в 2010 г. Сырьем для производства послужит порода габбро, запасов которой достаточно на долгий период работы завода. Были проведены технологические испытания на ОАО "Билимбаевский завод термоизоляционных материалов", на ЗАО "Завод Минплита" и на ОАО "Тизол". Результаты испытаний подтвердили экономическую целесообразность использования габбро Баженовского месторождения для производства минеральной плиты, используемой при теплоизоляции.

В настоящее время ОАО "Ураласбест" работает без убытков и весь коллектив предприятия с уверенностью смотрит в будущее своего развития.

#### Список литературы

1. Гладких С.И., Килин А.П., Старостин А.П. Ураласбест на перекрестке веков и стихий. Асбест: ОАО "Ураласбест", 2009. 144 с.

---

## Вниманию читателей!

В октябрьском номере журнала публикуется подборка материалов, посвященная 75-летию кафедры «Горные машины» Донецкого национального технического университета.

*Перечень статей см. на 9-й стр.*

## Эксплуатация экскаваторов-драглайнов в условиях ОАО "Ураласбест"

*Рассмотрены особенности конструкций стрел драглайнов, диагностирования повреждений и применения пакета инженерного анализа APM WinMachine для расчета стрел экскаваторов-драглайнов, в частности, формирования модели нагружения.*

**Ключевые слова:** экскаватор, драглайн, стрела, капитальный ремонт, диагностика, модель, схема нагружения.

T.P. Golovneva

## Operation of Excavators-Draglines in JSC "Uralasbest"

*Discusses construction features of boom draglines, diagnosing injuries and application of engineering analysis package APM WinMachine to calculate the boom excavator draglines, in particular, forming the model of loading.*

**Keywords:** excavator, dragline, boom, complete overhaul, diagnostic, model, loading conditions.

Одно из основных подразделений ОАО "Ураласбест" — отвалообразующее хозяйство. Оно содержит выемочно-транспортирующие, выемочно-погрузочные машины, в частности, 4 шагающих экскаватора, которые осуществляют формирование пустой породы, привезенной на железнодорожном транспорте с обогатительной фабрики. Определяющими в работе отвалообразующего хозяйства являются экскаваторы, от функционирования которых зависит работа всего карьера.

Шагающие экскаваторы с рабочим оборудованием драглайн — это уникальные машины. Их конструкция отличается большой длиной стрелы, что позволяет использовать экскаватор при бестранспортной технологической схеме разработки, а в нашем случае — для формирования отвалов. Другая особенность — круглая опорная база большого диаметра, с помощью которой машина устанавливается на грунт, это дает возможность использовать экскаватор на слабонесущих породах.

Экскаваторы представлены моделями ЭШ-10.70А (3 машины) и ЭШ-11.70 (1 машина), выпущенными Новокраматорским машиностроительным заводом (НКМЗ). Экскаватор ЭШ-10.70А (рис. 1) с ковшем вместимостью 10 м<sup>3</sup> оснащен двухсекционной стрелой длиной 70 м. Стрела со-

стоит из нижней и верхней частей, шарнирно-сочлененных между собой, трубчатых поясов, соединенных раскосами, стойками и распорками замкнутого сечения. Описанная конструкция позволяет исключить запрокидывание верхней части стрелы относительно шарнира, разгрузить верхнюю секцию стрелы от изгиба и выполнить ее облегченной. Стрела имеет предварительное натяжение верхнего пояса, что позволяет увеличить ее долговечность и эксплуатационную надежность. Также ее конструкция позволяет осуществлять легкие монтажно-демонтажные работы, поэтому она хорошо себя зарекомендовала в процессе эксплуатации.

Экскаватор ЭШ-11.70 — более поздняя модель, именно она заменила модель ЭШ-10.70А (см. рис. 1). Объем ковша был увеличен до 11 м<sup>3</sup>, исполнение стрелы также претерпело изменение. Решетчатая конструкция состоит из частей уголкового профиля, что позволяет осуществлять визуальный осмотр дефектов. Но приварка элементов к фланговым швам вызывает значительные концентраторы напряжений. Профильные элементы стрелы не разгружены от кручения, следовательно, вся металлоконструкция подвержена депланации (искривлению) при значительных нагрузках. Опыт эксплуатации этого экскаватора показал недостаточную надежность вышеописанной ферменной стрелы, было зафиксировано ее полное разрушение, после чего

Рис. 1 и 2 — см. 3-ю стр. обложки.

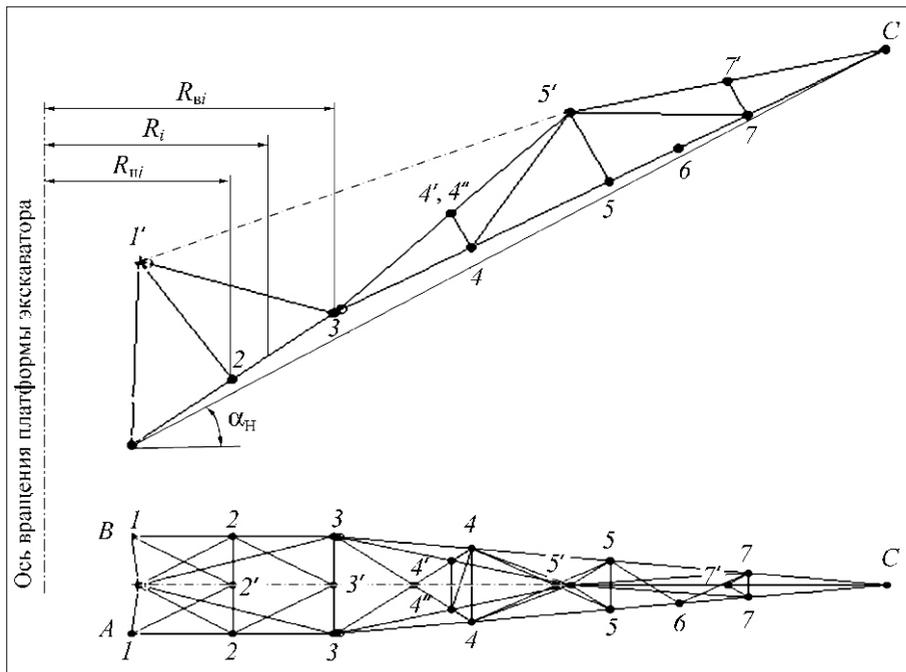


Рис. 3. Схема к расчету нагрузок стрелы:

$A, B$  – пята стрелы;  $C$  – вершина стрелы;  $1, 1' - 7, 7'$  – узлы расчетной схемы стрелы;  $1' - 5'$  – гибкий элемент стрелы;  $\alpha_n$  – угол наклона стрелы к горизонтали;  $R_i$  – расстояние от оси вращения до текущей точки  $i$ -го элемента;  $R_{wi}$  – расстояние от оси вращения до начальной точки  $i$ -го стержня;  $R_{wi}$  – расстояние от оси вращения до конечной точки  $i$ -го стержня

пришлось заказывать новую на заводе-изготовителе.

Один раз в 4 года каждый экскаватор отвалобразующего хозяйства ОАО "Ураласбест" встает на капитальный ремонт. Ремонт оборудования должен проходить на основе предварительной оценки технического состояния металлоконструкций, а также механизмов и узлов. В процессе обследования определяют состояние элементов и систем, проводят поиск неисправностей и дефектов, дают прогноз работоспособности машины.

Система технического диагностирования – это объект и средства диагностирования, устройства их сопряжения, соответствующая техническая документация, а также современные технологии в виде пакетов инженерного анализа в целях прогнозирования работы экскаватора. Диагностика занимает значительное время и требует специалистов высокой квалификации. Для снижения трудоемкости диагностирования предлагаем возможность использования математического моделирования.

Из существующих систем инженерного анализа металлоконструкций выбран пакет APM WinMachine. В основу расчетов этого пакета по-

ложен метод конечных элементов. Программа разработана Научно-техническим центром АПМ (г. Королев) и имеет сертификат соответствия Госстроя РФ. Результаты расчета представлены в удобном для анализа виде (рис. 2).

Проведение инженерного анализа с использованием этого пакета для каждого вида оборудования требует создания специальной методики подготовки данных и анализа полученных результатов. Для определения напряжений в APM WinMachine составляем расчетную модель конструкции по сборочному чертежу стрелы драглайна при исключении вспомогательных элементов (лестниц, перил и др.). Для стрелы драглайна применяем стержневую модель конструкции. Кроме модели конструкции при определении напряжений используется также модель нагруже-

ния. Она включает в себя все внешние нагрузки, действующие на стрелу, а также силы тяжести элементов расчетной модели.

В отличие от неподвижных металлоконструкций (мачты электропередач, крыши зданий и пр.) стрелы драглайнов испытывают особые нагрузки, связанные с рабочим процессом экскаватора. При разгоне и торможении в случае поворота платформы экскаватора на стрелу действуют инерционные и центробежные силы от массы элементов стрелы. При перемещении ковша приводами подъема, тяги и поворота через подъемные и тяговые канаты на головные блоки стрелы будут передаваться сила тяжести ковша, инерционные и центробежные силы, действующие на ковш. Кроме того, на стрелу действуют сила тяжести элементов конструкции, ветровые нагрузки и нагрузки от предварительного натяжения вант.

Действие усилия со стороны канатов рассмотрено в [1].

Схема к расчету инерционных и центробежных нагрузок от элементов для стрелы экскаватора ЭШ-10.70А представлена на рис. 3.

Исходные данные:

$m_i$  – масса 1 пог. м  $i$ -го стержня;

$\omega_{пл}$  — скорость вращения платформы;

$\alpha_{пл}$  — ускорение торможения платформы.

Инерционные  $F_{ин\ i}$  и центробежные  $F_{цб\ i}$  силы от элементов стрелы определяются по известным выражениям:

$$F_{ин\ i} = m_i \omega_{пл}^2 R_i; \quad F_{цб\ i} = m_i \omega_{пл}^2 R_i.$$

Таким образом, на каждом стержне инерционные и центробежные силы зависят от расстояния от оси вращения. График при изменении расстояния от  $R_{Hi}$  до  $R_{Bi}$  представляет собой трапецию.

В пакете APM WinMachine сила тяжести конструкции рассчитывается автоматически по размерам элементов модели конструкции и заданному материалу. Кроме элементов, указанных в модели, в реальной конструкции присутствуют и другие: лестницы, перила и др. Сила тяжести этих элементов учитывается при расчетах напряжений заданием множителя силы тяжести. Практически он определяется отношением действительной силы тяжести стрелы, указанной на сборочном чертеже, к расчетной силе тяжести, определенной APM WinMachine по сечениям и размерам элементов модели.

В расчетах учитывают предварительное натяжение канатов, усилие определяют из условия, что предварительное сжатие жесткого трубчатого пояса должно превосходить усилие растяжения, появляющееся от внешних нагрузок.

На карте напряжений (см. рис. 2) визуально можно оценить проблемные места в стержнях металлоконструкции. Есть достаточная вероятность того, что именно там будут возникать тре-

щины и другие разрушения и дефекты. Это может привести к серьезным последствиям, а в конечном итоге к нарушению целостности металлоконструкции. Поэтому необходимо постоянное наблюдение и диагностирование этих опасных мест. Результаты расчетов должны быть учтены при последующих ремонтах, перегруженные элементы необходимо усилить путем увеличения их сечений, а также с помощью введения дополнительных элементов.

При выполнении ремонтов проводят обязательную нивелировку стрелы, т.е. проверку геометрии стрелы на отклонение всех стыковых узлов от заданного проектного положения и прямолинейность элементов секций из трубчатого и профильного проката. Для этого используют различные приборы и инструменты, все отсчеты проводят с точностью до 1 мм. Нарушение геометрии стрелы может привести к аварии экскаватора. Причины отклонения узлов также могут быть выявлены при анализе в пакете APM WinMachine.

**Вывод.** Внедрение в ОАО "Ураласбест" методики расчета напряженно-деформированного состояния элементов стрел, определение наиболее опасных для разрушения элементов позволяют исключить аварийные отказы, сократить простой машины.

#### Список литературы

1. Шестаков В.С., Голови́на Т.П. Расчет нагрузок на стрелу драглайна при транспортировании ковша // Горное оборудование и электромеханика. 2009. № 4. 50–55 с.

## Вниманию читателей!

### К 75-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ «ГОРНЫЕ МАШИНЫ» ДОНЕЦКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

- **Гуляев В.Г., Семенченко А.К.** История кафедры «Горные машины» Донецкого национального технического университета;
- **Горбатов П.А.** Особенности параллельного проектирования горных выемочных машин новых поколений как энергетических систем мехатронного класса;
- **Кондрахин В.П., Косарев В.В., Стадник Н.И.** Влияние неравномерности распределения нагрузки между приводами механизма перемещения на производительность очистного комбайна;
- **Шабаев О.Е., Семенченко А.К., Хиценко Н.В., Стадник Н.И.** Экспериментальные исследования режимов работы исполнительного органа проходческого комбайна;
- **Гуляев В.Г., Китаева С.А.** Совершенствование динамических свойств и снижение виброактивности насосных агрегатов для гидропривода механизированных крепей.

УДК 622.233.62

**А.А. Сесёкин**, гл. технолог по БВР, ОАО "Ураласбест"

E-mail: mechanic@control.uralasbest.ru

## Опыт эксплуатации бурового оборудования ударно-вращательного бурения на карьерах ОАО "Ураласбест"

*Дан анализ эксплуатации буровых станков ударно-вращательного бурения на карьерах ОАО "Ураласбест". Рассмотрен вопрос об использовании передовых технологий, которые предполагают современное высокопроизводительное оборудование, возможность применения скоростных режимов.*

**Ключевые слова:** ударно-вращательное бурение, скорость бурения, пневмоударник, скважина, буровой инструмент, затрубное пространство, дизельный привод.

**A.A. Sesekin**

## Exprience of Operation of the Percussive-Rotary Drilling Equipment in the Quarry JSC "Uralasbest"

*Analysis of the operation of percussive-rotary drilling rigs in the quarries of JSC "Uralasbest". Consider the use of advanced technologies that include advanced high-performance equipment, the possibility of speed limits.*

**Keywords:** percussive-rotary drilling, high-speed drilling, pneumatic percussion tool, well, drilling tool, hole annulus, diesel drive.

На открытых горных работах затраты на бурение и взрывание составляют от 30 до 50 % общих затрат на выемку горной массы. Оптимизация буровзрывных работ (БВР) как при выполнении проектных работ, так и в процессе осуществления отработки объекта является важной экономической задачей. Повысить производительность и эффективность буровых работ можно за счет многих факторов: выбора рациональных геометрических параметров сетки скважин обуриваемого блока и конструктивных параметров бурового инструмента, правильного выбора режимов работы в конкретных горно-геологических условиях и организации работ, улучшения конструктивных параметров бурового станка, повышения его энергетических параметров и т.д. Однако ключевым моментом, определяющим в целом эффективность буровзрывного комплекса, является выбор способа бурения и, соответственно, модели бурового оборудования.

Многие годы ОАО "Ураласбест" делало ставку на станки шарошечного бурения отечественного производства марки СБШ-250-МН. Техническая характеристика станка приведена ниже. К

основным конструктивным особенностям станка СБШ-250-МН относятся: верхний привод вращения бурового става, воздушно-водяная система пылеподавления, механизация операций по сборке и разборке бурового става. На сегодняшний день парк этих станков (самый старый из которых 1989 г. выпуска, а самый новый – 2008 г.) насчитывает 13 шт., которые обеспечивают необходимый объем бурения.

### *Техническая характеристика станка шарошечного бурения СБШ-250-МН*

Рекомендуемый диаметр скважин, мм . . . . .	244,5...269,9
Глубина бурения, м . . . . .	32
Крепость породы по шкале проф. М.М. Протодяконова, ед. . . . .	6...20
Угол наклона скважины к вертикали, . . . . .	0; 15; 30
Длина штанги, мм . . . . .	8200 (12 000)
Ход непрерывной подачи, м . . . . .	8
Усилие подачи на забой, кН . . . . .	294...320
Скорость подачи на забой, м/с . . . . .	0,017
Частота вращения долота, с <sup>-1</sup> . . . . .	0,25...2,5
Крутящий момент, кН м . . . . .	4,42
Подача компрессора, м <sup>3</sup> /с . . . . .	0,417 (0,53)

Напряжение питающей сети, В .....	380/6000
Мощность двигателей, кВт:	
установленная .....	400
вращателя .....	60
компрессора .....	200
хода .....	2 22
Максимальная скорость передвижения, км/ч .....	1,3
Масса, т .....	100
Габаритные размеры, мм:	
длина .....	11 420/16 190
высота .....	16 876
ширина .....	6975

В ОАО "Ураласбест", как и на многих горных предприятиях, большие проблемы вызывает проведение работ по постановке бортов карьера в предельный контур с установкой максимально возможного угла борта карьера, что значительно сокращает эксплуатационные затраты отработки месторождения. Для создания максимально возможного угла борта карьера требуется обеспечить точность бурения и подрыва. Так как данные работы ведутся на ограниченных по размерам площадках и бортах уступов, прилегающих к бортам, подлежащим консервации, разбиты мощными технологическими взрывами, то буровой станок должен быть способным бурить в разных пространственных положениях исходя из возможности рабочих площадок и бурения по разрушенной горной массе. Кроме того, заряд должен быть рассредоточен по глубине скважины (от 1,2 до 2 кг/пог. м) исходя из свойств горных пород, поэтому оптимальным диаметром скважины будет 100 мм, в то же время для ведения селективной выемки полезного ископаемого требуются скважины диаметром 140...160 мм. Одновременно к станку предъявляются требования высокой маневренности, эксплуатационной надежности и наличие дизельного привода. Специалистами ОАО "Ураласбест" было выбрано буровое оборудование вращательно-ударного бурения фирмы "Atlas Copco", как отвечающее вышеперечисленным требованиям. Технические характеристики станков приведены ниже.

*Технические характеристики буровых станков  
фирмы "Atlas Copco"*

	ROC L6	ROC L8
Рекомендуемый диаметр скважин для рабочего оборудования (пневмо-ударник), мм:		
типа COP34, COP44 .....	95...130	110...178
типа COP54, COP54GE .....	110...152	110...203
Глубина скважины, м .....	45	25...54

	ROC L6	ROC L8
Двухступенчатый винтовой компрессор Atlas Copco XRX 10		
Производительность, л/с:		
при максимальном рабочем давлении 2,5 МПа .....	295	405
при максимальном рабочем давлении 3,0 МПа .....	354	470
Двигатель станка		
Мощность при $n = 1800$ мин <sup>-1</sup> , кВт .....	287	328
Топливный бак		
Емкость, л .....	760	760/1050
Устройство подачи		
Общая длина податчика, м .....	11,56	11,56
Ход податчика, мм .....	5400	7540
Протяженность подачи, мм .....	1900	1150
Максимальная скорость податчика, м/с	0,9	0,9
Максимальное усилие подачи, кН .....	40	40
Перемещение		
Максимальная скорость перемещения, км/ч .....	3,5	3,5
Тяговое усилие, кН .....	166	166
Осцилляция гусениц,	+10	+10
Клиренс, мм .....	405	405
Габаритные размеры, мм:		
длина .....	10 700	11 700
высота .....	3200	3500
ширина .....	2500	2500
Масса, т .....	21,7	22,6

В настоящее время наиболее производительным и перспективным для бурения взрывных скважин в крепких и высокой крепости породах является ударно-вращательный способ. Сейчас очень остро стоит вопрос об использовании передовых технологий, которые предполагают современное высокопроизводительное оборудование, возможность применения скоростных режимов, обеспечение безопасных условий труда, снижение себестоимости, увеличение и гарантию своевременных поставок и т.д. Буровые установки производства фирмы "Atlas Copco" способны комплексно решать все задачи в области БВР.

В 2003 г. ОАО "Ураласбест" приобрело станок ROC L6 фирмы "Atlas Copco" (см. рисунок на 4-й стр. обложки), позволивший бурить скважины диаметром 110 и 140 мм. Прежде всего предполагалось использовать данный станок для постановки уступов в предельный контур карьера. Всего станком набурено 104050 пог. м, в том числе технологических скважин — 33 135 пог. м, скважин для постановки бортов в долговременную консервацию — 70 915 пог. м. За время экс-

плуатации станка ROC L6 были проанализированы многие аспекты его работы. Так, при значительных размерах карьера неизбежны перегоны станка с одного участка на другой. В этом случае автономный дизельный привод станка и его надежность позволяют только за один год снизить время, затрачиваемое на перегоны по сравнению со станком СБШ-250-МН в 2 раза. Причем простоев из-за ходовой части у станков ROC не было, а у станков СБШ простои по этой причине в среднем на один станок составили более 170 ч.

Еще один показатель работы бурового станка ROC – скорость бурения, параметры которой во многом зависят от горно-геологических условий месторождения, от состояния верхних, в основном разрушенных слоев породы уступа, от усилия подачи, от скорости вращения бурового става, от опыта оператора, который, сопоставляя вышеназванные условия, выбирает оптимальный режим бурения. Реально чистая скорость бурения в условиях нашего предприятия колеблется в пределах от 0,5 до 1 м/мин в зависимости от крепости пород (на месторождении категория крепости пород по буримости 12...18 ед. по шкале проф. М.М. Протождяконова).

Выше говорилось о чистой скорости бурения, но, как и везде, карьерные блоки после традиционного шарошечного бурения скважин диаметром 250 мм имеют разрушенный слой 3...6 м горной массы, поэтому для окончательной сдачи скважины требуется дополнительное время на продувку, очистку, затирку скважины. От качества постановки скважины в этом слое во многом зависят дальнейшая скорость бурения и устойчивость скважины до ее зарядки. На постановку и устойчивость скважины во многом влияет выбор оптимального затрубного пространства, т.е. диаметры долота, пневмоударника и буровых штанг находятся в определенной зависимости друг от друга. В условиях ОАО "Ураласбест" наилучшие показатели бурения были достигнуты при следующих диаметрах элементов бурового става: долото 110 мм, пневмоударник 98 мм, буровая труба 89 мм, т.е. имеющееся затрубное пространство обеспечивало необходимую скорость воздушного потока для выноса буровой мелочи из скважины и устойчивость самой скважины. Опыт работы бурового станка с коронками диаметром 140 мм, пневмоударником диаметром 126 мм и буровой трубой диаметром 89 мм был крайне неудачным, неоднократно возникали аварийные ситуации по заклиниванию бурового става.

На величину затрат по бурению оказывают существенное влияние затраты на буровой инструмент. Повышение стойкости бурового инструмента – это важное направление в удешевлении стоимости буровых работ. Стойкость штыревых коронок диаметром 110 мм, приобретенных вместе со станком, колеблется в интервале 800...3690 пог. м, а средняя стойкость – 1941 пог. м.

При бурении коронками диаметром 110 мм в условиях ОАО "Ураласбест" выявилось оголение твердого сплава на коронке в результате более интенсивного износа корпуса коронки, который появляется при бурении слабо абразивных и менее крепких пород за счет пескоструйного эффекта, так как пневмоударники работают на давлении 1,6...2,0 МПа. Учитывая, что случаев выпадения твердого сплава нет, такие коронки дорабатывают свой срок на более абразивных и крепких породах.

В процессе эксплуатации коронок выявлены их слабые стороны, а именно при наработке 800...900 пог. м происходит облом боевой части хвостовика коронки (4 случая), при нормативах фирмы для условий нашего предприятия 1000 м.

Средняя наработка на пневмоударник составила около 6000 пог. м. В целом работа пневмоударников удовлетворяет производство. Однако у пневмоударника СОР54 (для коронок диаметром 140 мм) обратный клапан изготовлен из полимера, который в штатной ситуации работает без замечаний, но в аварийных режимах работы, например, в процессе устранения заклинивания бурового става происходит разогрев пневмоударника, и, как следствие, оплавление обратного клапана. На пневмоударниках СОР44 (для коронок диаметром 110 мм) обратный клапан изготовлен из металла, поэтому вопросов по его эксплуатации не возникает.

Нарботка по буровым трубам составляет 1700 м на одну трубу при средней глубине скважин 16...17 м. Основная причина браковки труб – это износ резьбы. Использование труб диаметром 89 мм с более тяжелым пневмоударником СОР54 приводит к преждевременному выходу из строя резьбы, а иногда и к потерям самих штанг.

Дизельный привод фирмы Caterpillar состоит из винтового компрессора и системы рукавов. Эксплуатация воздушного винтового двухступенчатого компрессора не выявила каких-либо отклонений в работе. Внеплановые простои происходят по причине выхода из строя рукавов высокого давления. Учитывая, что фирма-поставщик не предоставляет в комплекте запасных час-

тей необходимые рукава, предприятие вынуждено тратить дополнительное время на их перепрессовку.

В 2005 г. приобретен станок ROC L8, а в 2008 г. — еще один. Новые станки позволили бурить скважины-заоткоски и технологические блоки диаметром 170 мм. Станками ROC L8 набурено 223 287 и 110 021 пог. м соответственно.

Первоначально станки приобретали целенаправленно для постановки уступов в долговременную консервацию, но, опробовав станки в работе, рудоуправление предпочло использовать мобильное и высокопроизводительное оборудование в основном на технологических блоках. Тем не менее, работы по постановке уступов продолжались. Удалось увеличить длину бортов, поставленных в долговременную консервацию на порядок, т.е. если в первые годы применения технологии постановки уступов в год ставили 100...300 м, то в 2006 г. удалось поставить 2165 м, в 2007 — 1695 м, 2008 — 2305 м, 2009 — 1090 м.

Из-за плохого сервисного обслуживания показатели работы новых станков ниже ожидаемых,

однако внедрение новых станков позволило бурить скважины малого диаметра, соответствующие физико-механическим характеристикам пород и технологическим задачам. Кроме того, есть определенные проблемы с устойчивостью пробуренных скважин меньшего диаметра. Как показывает опыт, не всегда удается сохранить устье скважины от осыпания, в результате чего потери скважин при длительном стоянии достаточно велики.

Подводя итоги эксплуатации станков ударно-вращательного бурения, в целом можно констатировать их эффективность и надежность при проведении буровых работ технологических взрывных скважин, на заоткоске, зачистке бортов, работе на ограниченных по габаритным размерам площадках.

Для снижения себестоимости бурения необходимо дальнейшее повышение интенсификации работы данных станков за счет снижения организационных и технологических простоев оборудования и, в первую очередь, хорошо налаженного сервисного обслуживания.

---

УДК 622.285.213

**В.А. Сеницын**, канд. техн. наук, ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, **А.А. Сесёкин**, гл. технолог по БВР, ОАО "Ураласбест"

## Особенности ведения буровзрывных работ

---

*Статья посвящена механизации ведения буровзрывных работ, в частности, механизированному заряданию скважин, рассмотрены технические характеристики различных видов взрывчатых веществ и соответствующей техники, применяемых в условиях ОАО "Ураласбест".*

**Ключевые слова:** буровзрывные работы, скважина, взрывчатые вещества, зарядные машины.

**V.A. Sinitsyn, A.A. Sesekin**

## Especially Conduct of Chart of Blasting

---

*The article is devoted to the mechanization of blasting operations, in particular, the mechanization of loading wells, reviewed the technical characteristics of various types of explosives and related equipment used in JSC "Uralasbest".*

**Keywords:** blasting operation, well, explosive, charging machine.

Одним из основных видов затрат на добычу горной массы являются взрывчатые вещества (ВВ), без которых комбинат не может просуществовать ни дня. Рост цен на них предопределил применение новых более дешевых видов ВВ.

Комбинат "Ураласбест" с 1960 г. занимает одно из ведущих мест в России в области совер-

шения и развития взрывного дела. Так, на комбинате впервые еще в СССР в 1966 г. начались работы по механизированному заряданию скважин. В эти годы были проведены промышленные испытания опытных образцов зарядных машин СУЗН-5 и СУЗН-5А производства института "НИПИГормаш".

Возможность механизации взрывчатых работ возникла после появления гранулированных взрывчатых веществ заводского изготовления: гранулол, граммонит (прежнее название зерногранулит) и разработки безопасных в обращении, сыпучих по консистенции, высокоэкономичных смесей гранулированной аммиачной селитры с жидкими нефтепродуктами типа дизельного топлива (или соляного масла) аналогичных зарубежному ВВ типа ANFO, получивших в России название гранулиты (ВВ заводского изготовления) и гранулит "Игданит" – бестротиловая промышленная взрывчатая смесь, приготовляемая вблизи или на местах ведения взрывных работ. Вслед за этим была начата программа, в первую очередь самими горными предприятиями, по развитию средств механизации взрывных работ.

Разработаны многочисленные образцы зарядных устройств, организовано серийное производство многих из них. Помимо операций зарядки механизацию стали внедрять и на другие процессы: приемки, складирования и транспортирования ВВ. На крупных предприятиях внедрена комплексная механизация, включая погрузку-выгрузку ВВ или их компонентов из вагонов, складские операции, доставку к местам ведения взрывных работ и зарядание.

Гранулированные ВВ в силу своего крупнодисперсного состава обеспечивают более высокую по сравнению с тонкодисперсными степень безопасности при обращении с ними. Особенно безопасны простейшие взрывчатые смеси, не содержащие в своем составе сенсibilизаторов из ВВ (тротил, гексоген и др.). Однако и гранулированные ВВ любого состава не могут подвергаться высоким механическим и тепловым воздействиям в процессе их зарядки или изготовления на местах работ. Поэтому устройства для изготовления ВВ на местах работ и зарядные механизмы не должны создавать механические или тепловые нагрузки на взрывчатые вещества или их компоненты, которые могли бы привести к их взрыву, воспламенению или разогреву до температуры, близкой к температуре воспламенения (разложения). Должны быть исключены искробразование, разогрев деталей, контактирующих с взрывчатой смесью или ее компонентами, свыше 60 °С и окислительные процессы, могущие привести к разогреву ВВ, а также образованию взрывчатых и ядовитых соединений, ухудшению характеристик ВВ и порче оборудования. В этой связи материал деталей не должен вступать в химическую реакцию с компонентами взрывчатой смеси. Достигается это изготовлением деталей из некоррозирующих материалов или покрытием

склонных к коррозии материалов защитными, химически неактивными по отношению к ВВ веществами [1].

Конструкция зарядных устройств должна соответствовать горно-техническим условиям их применения. В настоящее время разработано достаточно большое количество конструкций зарядного и смесительно-зарядного оборудования для ведения горных работ.

В области совершенствования ассортимента взрывчатых материалов продолжают работы по созданию и внедрению эффективных, безопасных и антитеррористических взрывчатых веществ. В 2008 г. на горных предприятиях использовалось 541 техническое устройство (зарядчики и т. п.) для изготовления гранулированных взрывчатых веществ, их пневматического транспортирования и зарядания скважин и шпуров.

Согласно Перечню, утвержденному Госгортехнадзором России, в настоящее время допущено к постоянному применению более 50 наименований зарядных, транспортно-зарядных и смесительно-зарядных устройств (ПБ 13-587-03, Постановление Госгортехнадзора РФ от 17.06.03 № 93, зарегистрировано Минюстом России 19.06.03, рег. № 4743; ПБ 13-564-03, постановление Госгортехнадзора РФ от 05.06 № 64, зарегистрировано Минюстом России 10.06.03, рег. № 4670).

Наиболее распространенными устройствами являются:

- зарядчик порционный ЗП-2 (производитель Лениногорский полиметаллический комбинат, Казахстан);
- зарядная машина ЗМК-1А (изготовитель Карпинский машзавод, НИПИГормаш, г. Екатеринбург);
- зарядная машина МЗКС-160 (изготовитель НИПИГормаш, г. Екатеринбург);
- зарядная машина Ульба-400 (изготовитель Восточно-Казахстанский машзавод, г. Усть-Каменогорск, Казахстан);
- зарядная машина "Катунь" (изготовитель Восточно-Казахстанский машзавод, г. Усть-Каменогорск, Казахстан);
- зарядчик "Курама" (бывший Ленинабадский горно-химический комбинат, Таджикистан);
- транспортно-зарядная машина МТЗ-3 (изготовитель НИПИГормаш), (см. 4-ю стр. обложки);
- вагон зарядно-доставочный ВД-2,4 (изготовитель НИПИГормаш).

Технические характеристики некоторых зарядных машин приведены в табл. 1 и 2.

Технические характеристики зарядных машин

Параметр	Марка машины					
	МТЗ-3	"Ульба-400С"	ПМЗШ-2М	МДЗО	СЗМ-Ф	
Тип пневмозарядчика	МТЗ-3	"Ульба-400С"	ЗП-2, МЗК-25	МЗКС-160	"Ульба-100", ЗП-5, ЗП-25	
Техническая производительность зарядания, кг/мин	150	10...120	15...50	80...160	60...100	
Дальность транспортирования, м	350	350	До 70	350	150	
Диаметр шурупов, мм	70...160	36...190	36...76	42...150	36...80	
Высота подъема стрелы (корзины) для пневмозарядания, м	Стрела отсутствует	Стрела отсутствует	10	Стрела отсутствует	10	
Угол поворота манипулятора,	—	—	180	—	0 25	
Наибольший подъем, преодолеваемый машиной,	0	15	15	18	15	
Способ передвижения	Колесно-рельсовый	Самоходное шасси	Самоходное шасси	Самоходное шасси	Самоходное шасси	
Вместимость устройства, м <sup>3</sup> : транспортно-саморазгружающего зарядного	2,5...3	4	0,93	1,6	1,8	
	—	—	0,15	—	0,15...0,8	
Диаметр зарядного трубопровода, мм	25...40	25...40	25...40	25...40	25...40	
Габаритные размеры, мм:						
	длина	3350	7600	7800	7400	8600
	ширина	1240	2200	2850	2000	2200
высота	1600	2380	2800	2550	2500	
Масса, кг	2200	11 800	11 377	8230	9500	
Разработчик	НИПИГормаш (г. Екатеринбург)	Восточно-Казахстанский машзавод (г. Устькам-ногорск, Казахстан)	Жезказганский ГМК (Казахстан)	НИПИГормаш (г. Екатеринбург)	КазПТИ (Казахстан)	

К сожалению, использовать игданит можно только в сухих скважинах. Для механизированного зарядания обводненных скважин в 1988 г. было введено в эксплуатацию опытное производство компонентов эмульсионного взрывчатого вещества и начато применение изготавливаемого на их основе порэмита — взрывчатого вещества нового поколения. Взрывчатым веществом порэмит становится после смешивания компонентов в скважине.

Опытная установка по производству эмульсии порэмита, первая в стране, эксплуатировалась 2 года 4 месяца. В период внедрения и отработки технологии ведения взрывных работ было приготовлено и заряжено 26 тыс. т порэмита. Было установлено, что порэмит обладает водоустойчивостью, достаточными взрывчатыми характеристиками и позволяет механизировать процессы его изготовления, доставки, зарядания скважин. В 2009 г. были проведены промышленные испытания новых смесительно-зарядных машин Порэмит-1У, МЗВ-20, Nitro-Nobel. Применение порэмита позволило снизить затраты на дробление

обводненных массивов горных пород в 3,6 раза по сравнению с ранее применяемым водоустойчивым ВВ — тротилом.

В 1994 г. введен в эксплуатацию цех с производственной мощностью до 25 тыс. т эмульсии порэмита в год.

В 1996 г. впервые в стране начато применение нового поколения эмульсионных ВВ — гранэмита, который изготавливается в процессе зарядания сухих и слабо обводненных скважин смесительно-зарядной машиной МЗГ-10.

С середины 1997 г. освоена технология изготовления эмульсии порэмита марки 1А, в которой исключен дорогостоящий и дефицитный компонент — натриевая селитра.

В 1998 г. цехом по производству эмульсии порэмита была освоена технология изготовления эмульгатора ПГТ марки "Г", важнейшего компонента для производства эмульсии порэмита 1А. Изготовление эмульгатора собственного производства повысило качество эмульсии порэмита и снизило себестоимость на 15 % [2].

Технические характеристики зарядных машин

Показатели, технические данные	Порционный зарядчик ЗП-2	Зарядная машина ЗМК-1А	Зарядная машина "Чармек" с системой АС-ДТ
Назначение	Пневмотранспорт гранулированных ВВ и зарядание шпуров и скважин, приготовление взрывчатых веществ типа АС-ДТ, увлажнение ВВ заводского изготовления		Доставка и пневмотранспорт гранулированных ВВ и зарядание скважин, увлажнение ВВ
Способ перемещения к заряжаемому забою	Переносной	Переносной	На самоходном шасси с дизельным приводом
Дальность пневмотранспорта ВВ (длина зарядного трубопровода), м	До 70,0	До 70,0	До 200
Вместимость: дозировуемой камеры резервуара, л дозировуемой воронки, кг	1,0...2,0 38...40	1,0...2,0; 5 20...22	720 —
Дозирование компонентов или ВВ: сухих жидких	Объемное Объемное	Объемное Маркированным дросселем	Объемное Объемное или с контролем подачи ротаметрическим индикатором
Пределы регулирования соотношения жидкого к сухому компоненту ВВ, %	2...6	0...10	0...10

Освоение мощности цеха по производству эмульсии порэмита позволило в 1996 г. полностью механизировать зарядку скважин и почти отказаться от применения дорогостоящего тротила, который оказывает вредное воздействие на здоровье взрывников и окружающую среду.

С ростом обводненности скважин потребовалось повышение водоустойчивости гранэмита. Этой цели отвечает рецептура гранэмита И-30А. Величина цифры в наименовании указывает на количество гранулита "игданит" в составе гранэмита. Для изготовления водоустойчивого эмульсионного взрывчатого вещества гранэмита И-30А и зарядания им скважин "под столб воды" потребовалось создание смесительно-зарядных машин несколько другой конструкции. Это объясняется тем, что в состав эмульсии вводится твердая фаза, которая затрудняет ее перекачивание в скважину "под столб воды" и снижает водоустойчивость ВВ. Так, в 2007 г. прошли промышленные испытания транспортной смесительно-зарядной машины ТСЗМ-30ПГ, изготовленной ОАО "Гормаш" (г. Белгород). Машина оборудована героторным насосом и шлангом внутренним диаметром 75 мм и длиной 30 м. Машина ТСЗМ-30ПГ-А предназначена для приготовления гранэмита марки 50/50 и зарядания сухих и слабо обводненных скважин, при этом готовая смесь в скважину подается шнеком.

На этих машинах установлена современная электронная автоматизированная система управления технологическим процессом приготовления гранэмита из исходных компонентов. АСУ обеспечивает визуальное отображение информации по давлению в трубопроводах, расхо-

ду исходных компонентов, индикации параметров по температуре и давлению, выходу параметров за пределы допустимых значений. Также она обеспечивает программируемые задержки времени по включению и выключению каждого технологического тракта и обеспечению их отключения в случае возникновения внештатных ситуаций. АСУ позволяет накапливать и хранить информацию по каждой скважине и в целом.

Практика показала, что ставка руководства комбината на производство собственных взрывчатых веществ и постоянные эксперименты по их совершенствованию были правильными решениями.

С июля 2005 г. на карьере ОАО "Ураласбест" используется новая система инициирования зарядов и взрывной сети с использованием низкоэнергетических волноводов. Низкоэнергетические системы инициирования зарядов допускают разновременное взрывание скважинных зарядов и, соответственно, обеспечивают повышение степени дробления пород и дают возможность управлять параметрами развала взорванной горной массы.

И сегодня ОАО "Ураласбест" по-прежнему занимает одно из ведущих мест в России в области совершенствования и развития взрывного дела.

#### Список литературы

1. Котяшев А.А. и др. Отечественные смесительно-зарядные машины для приготовления эмульсионных ВВ в процессе зарядания / Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов VII Междунар. науч.-техн. конф. "Чтения памяти В.Р. Кубачека". Екатеринбург: УГГУ, 2009. С. 101–103.
2. Гладких С.И., Килин А.П., Старостин А.П. Ураласбест на перекрестке веков и стихий. Асбест: ОАО "Ураласбест", 2009. 144 с.

УДК 622

**Е.В. Симапов**, гл. технолог по автотранспорту и автотракторной технике, ОАО "Ураласбест"

E-mail: mechanic@control.uralasbest.ru

## Парк карьерного автотранспорта ОАО "Ураласбест"

---

*Приведен анализ эксплуатации карьерного автотранспорта в условиях ОАО "Ураласбест".*

**Ключевые слова:** БелАЗ, Катерпиллар, эксплуатационные показатели, технические параметры автосамосвалов.

**E.V. Simanov**

## The Quarry Fleet of Motor Vehicles JSC "Uralasbest"

---

*There are given analysis of quarry service vehicles in JSC "Uralasbest".*

**Keywords:** BelAZ, Caterpillar, performance criteria, engineering data of dump trucks.

**В** рамках реализации "Программы по обновлению основного технологического оборудования" комбинатом были приобретены и введены в эксплуатацию карьерные автосамосвалы:

- БелАЗ-75131 (Республика Беларусь) – 1 ед. (в декабре 2007 г.);
- САТ-777F (Катерпиллар) – 4 ед. (в апреле 2008 г.).

Несмотря на то что данная техника не относится к одному классу грузоподъемности (БелАЗ – 130 т, САТ – 90 т) и обладает различным типом привода (БелАЗ – электромеханическая трансмиссия переменного-постоянного тока; САТ – гидромеханическая трансмиссия), имеются объективные основания для сравнения результатов работы этих автосамосвалов по ряду параметров; для более корректного анализа были взяты технико-экономические показатели за первые 23 месяца с момента запуска, а именно:

- БелАЗ (рис. 1) – с 01.12.2007 г. по 31.10.2009 г. включительно;
- Катерпиллар (рис. 2) – с 01.05.2008 г. по 31.03.2010 г. включительно.

Прежде чем рассматривать конкретные параметры, необходимо отметить, что обслуживанием и ремонтом импортных машин занимается региональный дилер Катерпиллар – фирма "Мантрак Восток" (г. Екатеринбург). С этой фирмой заключен 3-летний сервисный договор, согласно которому все виды технических воздей-

ствий (кроме сварочных и шиномонтажных работ) выполняются сервисными инженерами фирмы, включая обеспечение оригинальными запасными частями и расходными материалами. Сборка новых автомобилей также осуществлялась специалистами "Мантрак Восток". На территории АТП в распоряжение сервисных инженеров выделены складские помещения и офис с телефонной связью и доступом в интернет.

Обслуживание БелАЗ-75131 проводится силами технических служб АТП ОАО "Ураласбест", запасные части приобретают в основном через регионального представителя "БелАЗ" – ООО "УралБелАЗСервис" (г. Челябинск).

В таблице приведены основные показатели, пересчитанные на один среднесписочный автомобиль за вышеуказанный период с начала эксплуатации.

Как уже отмечалось выше, нежелательно сравнивать самосвалы разных классов грузоподъемности, тем не менее, определенные выводы сделать можно:

1. Группа показателей, связанных с использованием календарного времени (отработанное время на линии, коэффициент использования парка), свидетельствует о большей эффективности белорусского автомобиля [1]. Основная причина кроется в недопустимо больших простоях автомобилей типа САТ во внеплановых ремонтах, а именно, в длительном ожидании необходимых запасных частей, которые заказывает и

Иллюстрации к статье приведены на 3-й стр. обложки.

**Показатели работы среднесписочного автомобиля**

Показатели	Ед. изм.	CAT-777F	БелАЗ-75131	Примечание (БелАЗ/САТ)
Объем перевозок	тыс. т	2333,5	3411,6	
Грузооборот линейный	тыс. ткм	6451,4	8416,1	
Грузооборот приведенный (с учетом высоты транспортирования горной массы)	тыс. ткм привед.	9235,6	11427,3	
Отработанное на линии время	ч	12 529	13 568	108,30 %
Число рейсов с грузом	шт.	25 463	27 293	
Среднетехническая скорость	км/ч	17,4	15,9	91,4 %
Среднеэксплуатационная скорость	км/ч	11,5	10,0	87,0
Расстояние откатки линейное	км	2,77	2,47	89,2 %
Расстояние откатки приведенное	км	3,96	3,35	84,6 %
Средневзвешенная высота транспортирования	м	112,7	100,3	89,0 %
Производительность на один среднесписочный самосвал (годовая)	тыс. т тыс. ткм тыс. ткм пр.	1217,5 3365,9 4818,6	1780,0 4391,0 5962,1	
Коэффициент использования парка		0,773	0,840	108,7 %
Коэффициент использования грузоподъемности		1,000	0,960	
Простои во внеплановых ремонтах, всего:	ч	2464	1565	63,5 %
в том числе в ожидании запасных частей	ч	1575	247	9,3 %
Удельный расход топлива	г/тыс. км	100,3	111,1	110,8 %
Фактические затраты на один приведенный тонно-километр (ткм)	руб.	3767	3093	82,1 %
Фактические затраты на один машино-час	руб.	2762	2586	

доставляет сервисная служба компании "Мантрак Восток" (со складов в Москве или Бельгии).

2. Оценивая технические параметры машин по условиям работы в карьере, видно, что автосамосвалы САТ находятся в более тяжелых условиях, по сравнению с автомобилями БелАЗ. А именно, на большем расстоянии откатки (как линейном, так и приведенном). Но главное то, что они перевозят горную массу, как правило, с самых нижних горизонтов в наиболее тяжелых дорожных условиях с высотой транспортирования на 11 % выше автомобилей БелАЗ. Тем не менее, даже в этих условиях автомобили САТ за счет своей энерговооруженности имеют более высокие среднетехнические и среднеэксплуатационные скорости движения. А главное, достигают меньшего на 10,8 % удельного расхода топлива.

3. Основным интегральным критерием оценки эффективности применения того или иного типа техники является себестоимость транспортирования горной массы, а именно — фактические затраты на приведенный тонно-километр. За два неполных года работы с момента ввода в эксплуатацию затраты на содержание автомобилей БелАЗ ниже, чем у машин САТ. Одной из причин этого, как уже было сказано выше, явля-

ется недостаточно эффективная работа официального дилера по организации доставки запасных частей, что приводит к длительным простоям в их ожидании и, соответственно, к снижению экономических показателей и увеличению себестоимости перевозок.

Из изложенного выше нельзя делать вывод о необходимости полного перевода парка карьерных самосвалов на автомобили БелАЗ-75131. В карьере существует достаточное количество рабочих зон, где эта модель не соответствует условиям эксплуатации по своим габаритным и энергетическим параметрам, т.е. сохранится потребность в технике меньших классов грузоподъемности, например, автосамосвалов грузоподъемностью 90; 55 т и даже, в ряде случаев, 30 т.

Тем не менее, учитывая устойчивую тенденцию снижения себестоимости перевозок с ростом единичной грузоподъемности автомобилей, необходимо ставить задачу увеличения доли автотранспорта самосвалами грузоподъемностью 90 и 130 т.

**Список литературы**

1. Егоров А.Н. Тенденции развития конструкции большегрузной карьерной техники производства РУПП "БелАЗ" // Горное оборудование и электромеханика. 2008. № 1. С. 2–4.

## Модернизация тягового агрегата ПЭ-2

*Показаны преимущества модернизации отечественного промышленного электровоза для открытых горных работ.*

**Ключевые слова:** локомотивный парк, модернизация, силовая схема электровоза, условия труда, кабина, думпкары.

A.V. Dedukhin

## Modernization of the Traction Unit ПЭ-2

*There are shown advantages of upgrading of domestic industrial electric locomotives for mining.*

**Keywords:** locomotive fleet, modernization, electric power scheme, work conditions, cabin, hopper wagon.

На сегодняшний день локомотивный парк ОАО состоит из 63 тяговых агрегатов ПЭ-2М, У; 23 тепловозов ТЭМ-2 различных индексов, одного тепловоза ТЭМ-18, парк технологических вагонов составляют думпкары 2ВС105 в количестве 427 шт.

Тяговые агрегаты комбинат приобретал у Днепропетровского электровозостроительного завода в период с 1970 по 1989 г., которые на тот момент являлись самыми современными промышленными электровозами для открытых горных разработок.

На сегодняшний день в России и странах СНГ каких-либо новых разработок карьерных электровозов для открытых горных работ, электрифицированных на постоянном токе, заслуживающих внимания, попросту нет. Днепропетровский электровозостроительный завод продолжает выпуск тяговых агрегатов ПЭ 2у, но за годы эксплуатации к тяговым агрегатам накопилось столько замечаний технического характера, что встал вопрос о целесообразности приобретения этой принципиально устаревшей машины.

Сегодня наиболее правильным путем, применительно к тяговым агрегатам, исходя из оценки понесенных затрат, является их полная модернизация с возможностью повышения качества ремонта базовых узлов.

В 2008–2009 гг. на ремонтно-механическом заводе ОАО "Ураласбест" совместно с ФГУП НПОА "ОКБ Автоматика" и ООО "НПО САУТ" выполнена модернизация на первом опытном образце, тяговый агрегат ПЭ-2М (№ 44 рудопроводя, рис. 1).

Рис. 1 и 2 к статье даны на 3-й стр. обложки.

Целью модернизации являются повышение тяговых и тормозных свойств тягового агрегата ПЭ-2М, снижение эксплуатационных затрат за счет повышения надежности работы и уменьшения расхода электроэнергии, изменение схемы управления с применением микропроцессорной системы управления локомотивом (МСУЛ), замена снятых с производства элементов на современные, улучшение условий труда локомотивной бригады.

В процессе модернизации были реализованы следующие технические решения [1]:

1. Модернизирована силовая схема электровоза в целях уменьшения неравномерности переключений и улучшения тяговых характеристик.
2. Применена МСУЛ для управления режимами тяги и торможения, а также вспомогательными машинами с возможностью диагностики неисправностей.
3. Применена подсистема измерения для считывания информации о токах тяговых двигателей и вспомогательных машин, напряжении контактной сети и для отображения этой информации на пульте машиниста.
4. Применена подсистема противобоксочной защиты для возможности работы на нагрузках, близких к ограничению по сцеплению.
5. Применена подсистема управления микроклиматом кабины.
6. Применен счетчик электроэнергии с выходом на кодовую линию связи.

Работы по модернизации были совмещены с проведением капитального ремонта КР-2, в процессе которого был выполнен перемонтаж силовой схемы и схемы цепей управления.

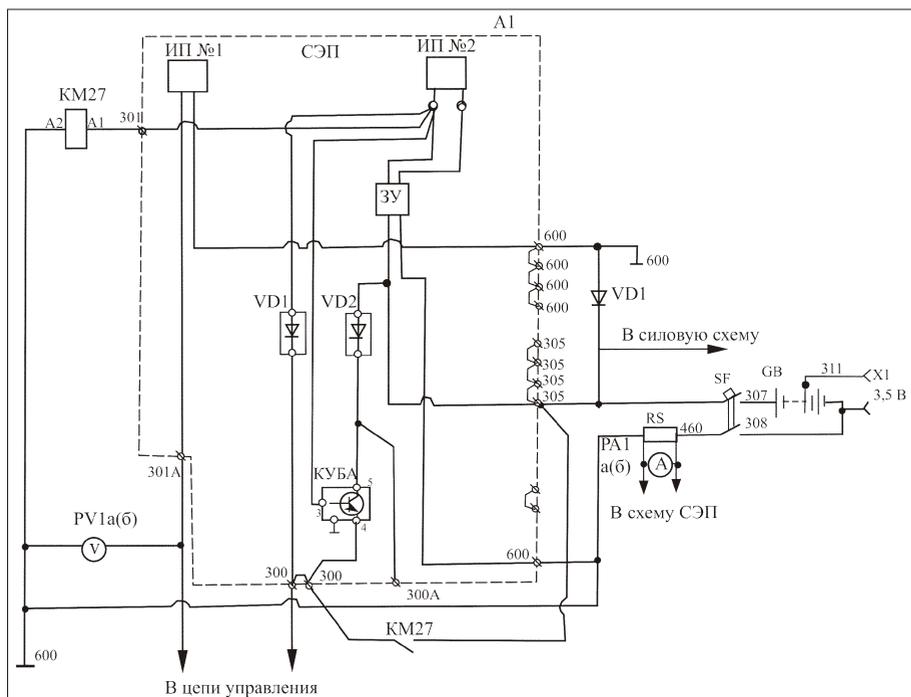


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема

Результатом модернизации явилось достижение поставленных задач. Удалось заменить динамотор-генератор ДК-604В статической системой электропитания, уйти от переключателя ПРВ -37Д в цепях вспомогательных машин, ряда аппаратов силовой схемы, заменить реле аппаратуры защиты на электронные блоки.

Значительно улучшились условия труда локомотивной бригады.

Кабина (рис. 2) стала намного просторнее за счет ликвидации контроллеров машиниста и замены их на джойстики, новый пульт управления выполнен в соответствии с современными санитарными нормами, из которого в том числе исключено высокое напряжение. В кабине установлены система микроклимата, стекла с электроподогревом и омывателями, холодильник, СВЧ печь, умывальник с электроподогревом, новые кресла, изменился интерьер, что немало важно при двенадцатичасовом режиме работы.

Рассмотрим модернизацию локомотива на примере изменения принципа питания цепей управления и заряда аккумуляторной батареи. Одним из условий модернизации ставилась замена динамомотора – генератора ДК-604В, статическим преобразователем напряжения. В результате комплексного решения поставленной задачи статический преобразователь напряжения СТПР600 вошел в состав системы электро-

питания (СЭП) (рис. 3), которая обеспечивает электропитание цепей управления, освещения, заряда аккумуляторной батареи и электропитание системы микроклимата кабины электровоза управления. Кроме статического преобразователя напряжения в состав СЭП входят: регулятор напряжения РН3000; два источника питания (ИП) по 5 кВт; зарядное устройство (ЗУ); блок диодов; контроллер управления блоком аккумулятора (КУБА); контроллер измерительный (КИ) ППУ-02; блок связи (БС) ПС.

Регулятор напряжения РН 300 обеспечивает преобразование напряжения контактной сети в постоянное пониженное напряжение постоянного тока, среднее значение которого составляет 100 В 10 %.

Статический преобразователь СТПР600 обеспечивает преобразование постоянного входного напряжения 1000 В в напряжение постоянного тока 600 В для питания системы микроклимата и ИП, обеспечивающих пропадающее и не пропадающее питание цепей электровоза. ИП обеспечивают преобразование напряжения постоянного тока 600 В в стабилизированное напряжение 50 В для питания цепей управления, освещения и зарядных устройств электровоза.

Зарядное устройство предназначено для заряда аккумуляторной батареи 42НК-125П и представляет собой стабилизатор тока, обеспечивающий стабилизацию тока заряда при разряженной аккумуляторной батарее. Уровни ограничения тока и напряжения устанавливаются в зависимости от режима работы "зима–лето" в соответствии с техническими условиями на аккумуляторную батарею.

Блок диодов обеспечивает гальваническую развязку не пропадающего питания от первичной сети.

Контроллер управления блоком аккумулятора обеспечивает не пропадающее питание 50 В "без провала" напряжения на время выключения контактора *КМ27* при пропадании первичной сети.

Контроллер измерительный обеспечивает прием, измерение, преобразование в кодовый вид и формирование массива диагностики по

следующим параметрам: тока и напряжения заряда батареи; тока потребляемого по цепи 50 В; напряжения цепи 50 В.

Переключатель "зима–лето" размещен в кабельной сети.

Система СЭП получает информацию от системы МСУЛ-А и передает информацию самодиагностики через двоянный интерфейс RS485. Отдельные блоки системы СЭП связаны между собой одиночной линией связи RS485.

*Источником напряжения для питания бортовой сети* служат система СЭП и аккумуляторная батарея *GB*. Номинальное напряжение цепей управления (50 В), номинальная мощность, выдаваемая аккумуляторной батареей, 1,5 кВт, системой СЭП 6,8 кВт. Диапазон напряжения заряда аккумуляторной батареи 50...65 В, ток первоначального заряда 31 А.

Аккумуляторная батарея состоит из 42 элементов *НК 125П*, соединенных последовательно.

До подъема токоприемника и включения СЭП бортовая сеть подключена к аккумуляторной батарее *GB* по цепи: провод *300*, контакт *КМ27*, провод *305*, автоматический выключатель *SF*, провод *307*, блок аккумуляторной батареи *GB*, провод *308*, автоматический выключатель *SF*, провод *460*, измерительный шунт *RS*, провод *600*.

При поднятом токоприемнике и включенном быстродействующем выключателе *БВ1* начинает работать система СЭП. Зарядное устройство *ЗУ* выдает на клеммы *305* напряжение для заряда аккумуляторной батареи по цепи: провод *305*, автоматический выключатель *SF*, провод *307*, аккумуляторная батарея *GB*, провод *308*, автоматический выключатель *SF*, провод *460*, измерительный шунт *RS*, провод *600*; одновременно на клемму *300* от источника питания *ИП* выдается напряжение для питания бортовой сети по цепи: провод *300*, цепи управления электровоза, рези-

стор *R1*, провод *317* (на схеме не указаны), светодиод *VD2*, провод *600*.

При зарядке аккумуляторной батареи система СЭП включает контактор *КМ27* по цепи: провод *301*, катушка *КМ27*, провод *600*, включаясь, контактор *КМ27* отключает аккумуляторную батарею от бортовой сети электровоза.

К проводам *300* и *300А* через автоматические выключатели подключены все основные цепи управления электровоза, источники питания микропроцессорной системы управления и диагностики (МПСУиД) и цепи электровоза с напряжением 24 В.

Провод *600* предназначен для подключения всего низковольтного оборудования по "минусу".

Измерение тока и напряжения проводится системой СЭП. Измерение тока аккумуляторной батареи *GB* ведется на измерительном шунте *RS* по цепи *460* и *600*, измерение напряжения проводится между проводами *305* и *600*, на источнике питания *ИП* № 2 между проводами *300* и *600*.

Как видим, в процессе модернизации данного участка "ушли" от перегруппировки аккумуляторной батареи (упростили схему), заменили устаревшие коммутационные аппараты, убрали сложную в эксплуатации электрическую машину ДК-604В, появилась возможность получать различные уровни напряжения для других нужд.

Идея модернизации тягового агрегата является по своей сути первым шагом к созданию нового отечественного промышленного электровоза для открытых горных работ, обкаткой принципов и концепций его построения, тем более что возможности модернизации тяговых агрегатов ПЭ-2М далеко не исчерпаны.

#### Список литературы

1. Гладких С.И., Килин А.П., Старостин А.П. Ураласбест на перекрестке веков и стихий. Асбест: ОАО "Ураласбест", 2009. 144 с.

УДК 622.73

О.Ю. Контеев, канд. техн. наук, зам. гл. инженера, ОАО "Ураласбест"

E-mail: vice1@engineer.uralasbest.ru

### Эксплуатация мобильного оборудования ЗАО "Метсо Минералз СНГ" на ОАО "Ураласбест"

*Приведены эксплуатационная и техническая характеристики мобильной сортировочной установки "Lokotrack ST-352" и показатели ее работы в условиях ОАО "Ураласбест".*

**Ключевые слова:** мобильная сортировочная установка, эксплуатация, кубовидный щебень.

O.Yu. Konteev

### Operation of Mobile Equipment of the Company "Metso Minerals CIS" on JSC "Uralasbest"

*Given the operational and technical characteristics of mobile screening unit "Lokotrack ST-352" and performance in JSC "Uralasbest".*

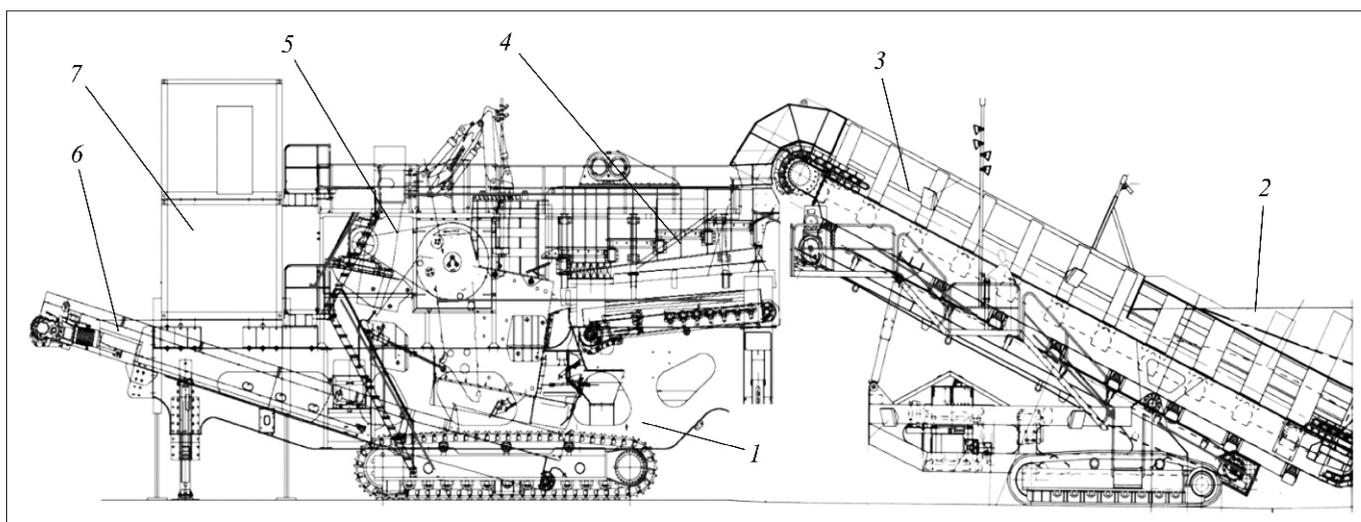
**Keywords:** mobile screening unit, operation activity, cube-shaped rubble.

Перспективным направлением развития технологических схем разработки месторождений является внедрение самоходных дробильных (грохотильных) агрегатов, которые в настоящее время находят применение при разработке малоабразивных пород средней крепости.

Технологическая цепь самоходных дробильных агрегатов (СДА) состоит из загрузочного бункера для породы, наклонного питателя, по-

дающего породу из бункера на грохот или в дробилку, дробилки, приемного конвейера, расположенного под дробилкой, и консольного конвейера, передающего породу на забойную конвейерную линию.

Мобильная сортировочная установка "Lokotrack ST-352" (см. рисунок) производства "Метсо" была приобретена ОАО "Ураласбест" в третьем квартале 2008 г. На данную установку



Мобильная сортировочная установка "Lokotrack ST-352"

имеются сертификат соответствия системы сертификации ГОСТ Р Госстандарта России и разрешение на применение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Основные технические характеристики установки [1] следующие:

базовый модуль 1 – гусеничное шасси; ST рама; гидравлическая система; электрооборудование 400В/50Гц; панель управления;

узел подачи материала питания 2 – приемный бункер 7,5 м<sup>3</sup>; высота загрузки с решеткой 3,2 м; ширина загрузки 4300 мм; конвейерный питатель с гидравлическим приводом;

основной конвейер подачи материала 3 – ширина 1050 мм; гидропривод;

грохот 4 – количество дек (2); верхняя дека – сито 1850 1450; нижняя дека – сито 1494 1885; ширина 1,5 м; длина 3,7 м;

щекковая дробилка 5 – С160, ширина загрузки 1600 мм, глубина загрузки 1200 мм; гидропривод;

фронтальный конвейер 6 – ширина 1200 мм; высота разгрузки 4,2 м; гидропривод;

двигатель 7 – дизельный двигатель Deutz BF 4M 2012 мощностью 83 кВт.

Персонал для эксплуатации и обслуживания установки был набран из числа молодых специалистов и рабочих, а руководителем участка был назначен опытный производственник А.И. Гладких. Сервисная служба компании "Метсо" провела обучение технологического и обслуживающего персонала по программе базового курса практического и теоретического обучения устройству, эксплуатации и управлению комплек-

сом. По окончании обучения и сдачи экзаменов обслуживающему персоналу был вручен сертификат об успешном освоении программы курса.

Сервисное обслуживание грохотильной установки проводится на договорной основе ЗАО "Метсо Минералз СНГ", а дизельного двигателя – ООО "Моторверк".

Режим работы установки – круглосуточный, в каждой смене оборудование обслуживают электромеханик и грохотовщик. Для загрузки сырья в бункер грохотильной установки и для отгрузки готовой продукции в автомобильный и железнодорожный транспорт используют фронтальный автопогрузчик Дреста, для транспортирования готовой продукции на склад используют автосамосвал КамАЗ. Также на участке задействован бульдозер для складирования готовой продукции.

Опробование эксплуатации оборудования в условиях предприятия проходило сначала на бывшем отвале отходов асбестообогатительной фабрики, где из песчано-щебеночной смеси выделялись щебень фракций 5...20; 20...40 мм и крупнозернистый песок. В условиях работы на отвале оказались максимально полезными такие преимущества установки, как высокая мобильность, энергоавтономность, компактность и нетребовательность к качеству рабочей площадки. В последующем грохотильная установка была переведена на переработку щебня фракции 5...20 мм в целях выделения из него более "узких" фракций щебня 5...10; 15...20 и 10...15 мм

Контроль за качеством готовой продукции ведется ежесменно лабораторией. В таблице при-

Показатели работы сортировочной установки "Lokotrack ST-352" за 2009 г.

Месяц	Общий объем переработанного сырья, т	Выработано фракции 5...10 мм, т	Выработано фракции 10...15 мм, т	Выработано фракции 15...20 мм, т	Наработка двигателя, моточас	Общий расход топлива, кг	Расход на 1 т переработки, кг	Среднесуточный расход топлива, кг
Апрель	12 034	2724	5728	3582	438	4399	0,36	146,7
Май	14 030	3240	6440	4350	346	3196	0,23	127,8
Июнь	4765	850	3055	860	104	1093	0,23	156,0
Июль	19 979	2795	16 167	1017	536	4989	0,25	160,9
Август	20 320	2880	16 240	1200	555	5032	0,25	162,3
Сентябрь	19 880	2760	16 000	1120	564	5076	0,26	169,2
Октябрь	20 290	2815	16 335	1140	580	5149	0,25	166,1
Ноябрь	19 350	2690	15 565	1095	561	4947	0,26	164,8
Декабрь	19 565	2730	15 725	1110	626	5737	0,29	199,3
<b>Год</b>	<b>150 213</b>	<b>23 184</b>	<b>111 255</b>	<b>15 474</b>	<b>4310</b>	<b>39 168</b>	<b>0,26</b>	<b>156,0</b>

ведены показатели работы сортировочной установки "Lokotrack ST-352" за 2009 г.

Из опыта эксплуатации грохотильно-сортировочной установки "Lokotrack ST-352" видно, что управлять качеством получаемой готовой продукции можно быстро и оперативно за счет легко регулируемых углов наклона грохота и изменения производительности оборудования, а также возможности изменения амплитуды колебаний грохота и быстрой замены просеивающих поверхностей для получения дополнительных фракций щебня. В настоящее время на установ-

ке ведется работа по получению кубовидного щебня с содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм до 10 %.

В целом эксплуатация грохотильно-сортировочной установки "Lokotrack ST-352" в условиях ОАО "Ураласбест" показала, что даже в условиях пониженного спроса на щебень в 2009 г. были достигнуты положительные экономические результаты.

#### Список литературы

1. <http://www.metsominerals.ru>

УДК 622.72

**Ю.А. Лагунова**, д-р техн. наук, доц., УГГУ, г. Екатеринбург, **Я.Ю. Вознюк**, инж.-констр., ОАО "Ураласбест"

E-mail: Yu.Lagunova@mail.ru

## Особенности конструкции и принцип действия центробежных дробилок

*Рассмотрены особенности конструкции и принцип действия центробежных дробилок, даны технические характеристики дробилок.*

**Ключевые слова:** центробежная дробилка, самофутеровка, ускоритель, воздушная опора.

**Yu.A. Lagunova, Ya.Yu. Voznuk**

## Structure Features and Operating Principle of Centrifugal Crushers

*There are considered features of structure and operating principle of centrifugal crusher, given technological characteristics of crushers.*

**Keywords:** centrifugal crusher, self-fettling, accelerator, air-bearing.

Центробежно-ударный способ дробления известен достаточно давно и в последнее время находит все большее применение. Достаточно сказать, что первый патент на дробилку типа "камень о металл" получен Ц. Мелером в Германии еще в 1877 г. Разработанная им конструкция предполагала несколько стадий дробления в одном аппарате. Для этого на одном валу были расположены несколько ускорителей (роторов). Эта идея так и осталась нереализованной. В наши дни она представляется нерациональной из-за низкой надежности столь сложной конструктивной схемы.

Все известные на сегодняшний день промышленные центробежно-ударные дробилки имеют

один ускоритель. Однороторный вариант схемы Ц. Мелера с открытым ротором, снабженным радиальными разгонными ребрами, был использован для дробления "камень о металл" в дробилке "Торнадо" (рис. 1) фирмы "Верко стил" (США). В центральной части сварного ускорителя предусматривали распределительный конус. Цилиндрический корпус дробилки закрывали крышкой. Крышку фиксировали на замках, тем самым обеспечивая удобный доступ в камеру дробления. Соосно ускорителю в крышке располагали загрузочный бункер и питающий патрубок. Брони крепили к внутренней стенке корпуса. Дробилки такого же типа с открытым ротором в середине XIX века выпускала компания

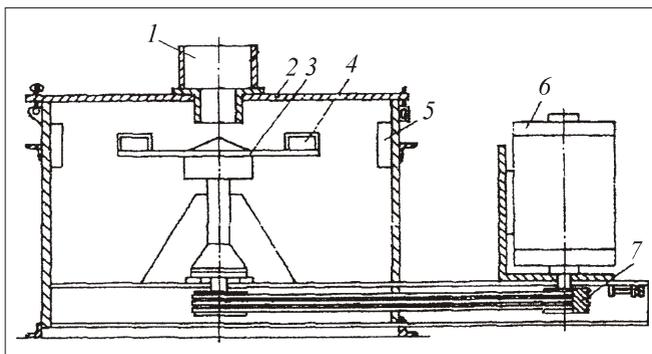


Рис. 1. Дробилка "Торнадо":

1 – питающий патрубок; 2 – крышка корпуса; 3 – ускоритель; 4 – разгонные ребра; 5 – брони; 6 – электродвигатель; 7 – клиноременная передача

"Spokane Crusher", США. Ребра в ускорителе дробилки были съемными и выполнены из специальных сталей. В целях снижения износа ускорителя и повышения его динамической уравновешенности специалисты фирмы "Spokane Crusher" установили броневые плиты так, чтобы обеспечить при ударе прямой угол. Это было важно как для эффективности дробления, так и для снижения износа, поскольку уменьшало износ скольжением и минимизировало влияние рикошетов осколков. В дробилках с реверсивным приводом применялись броневые плиты симметричной угловой формы.

Расширение сферы применения центробежно-ударных дробилок произошло благодаря появлению компании "Barmac Associates" (Новая Зеландия) и ее дробилки с вертикальным валом. Первый образец дробилки "Бармак Ротопактор" создан в 1975 г. Принцип самофутеровки, принятый для защиты ускорителя и отражательной поверхности дробилки, предполагает закрытый ускоритель. Сегодня данное решение используют многие производители таких дробилок.

Способ формирования самофутеровки состоит в следующем. Перед началом работы ускоритель, установленный в дробилку, приводится во вращение с номинальной или меньшей скоростью. В него понемногу подается

некрупный сыпучий материал, который образует на разгонных лопастях ускорителя защитный слой самофутеровки (рис. 2), удерживаемый в канале лопаткой, установленной на выходе. Момент окончательного образования защитного слоя каналов ускорителя песком определяется по тому, что песок появляется в разгрузочном отверстии дробилки. Только после этого в дробилку подают основное питание. Его движение происходит во внутренних каналах ускорителя, по ранее образованному слою песка. Остальные участки поверхности ускорителя, незащищенные самофутеровкой, покрыты износостойкими съемными деталями, выполненными из специальных материалов. К ним относятся: кромка загрузочного отверстия, кольцевые (верхняя и нижняя) пластины ускорителя и его центральная зона под отверстием, куда поступает питание. В современных дробилках применяют сменные кольца, распределительный конус, подкладные листы из чугуна. Применяемые марки чугунов отличаются особой твердостью, высокой прочностью и ударной вязкостью. Чугунный конус (колпак) устанавливают в ускорителе в центре, на нижней кольцевой пластине. Он прикрывает шлицевое соединение ускорителя с приводным валом (крепится од-

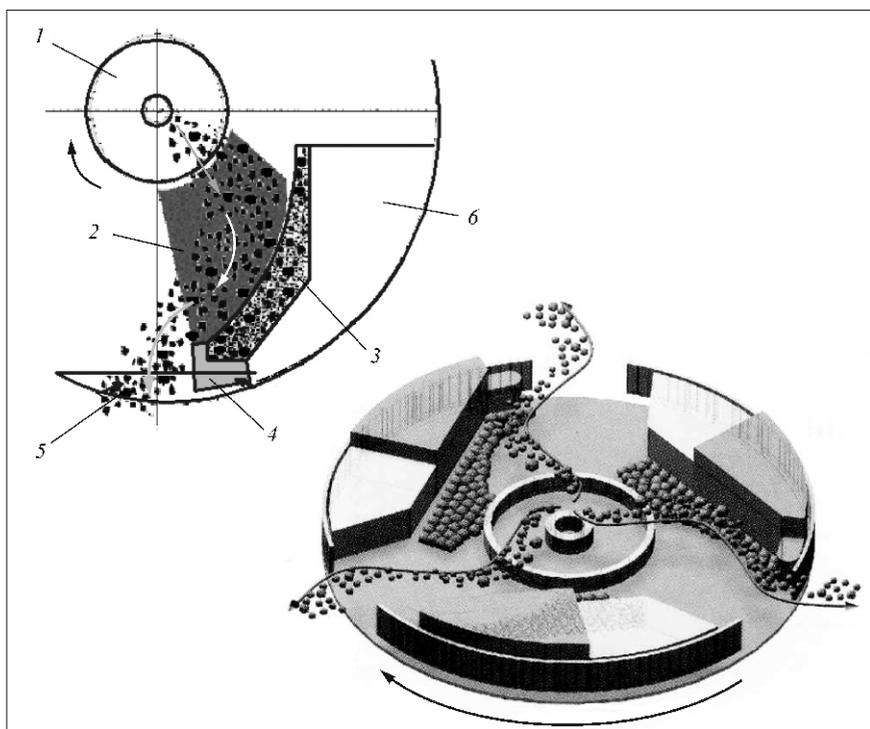


Рис. 2. Схема движения материала (образования самофутеровки) в ускорителе центробежной дробилки:

1 – рассекатель; 2 – подкладной лист; 3 – самофутерующийся карман; 4 – твердосплавная лопатка; 5 – сход материала с ускорителя; 6 – корпус ускорителя

ним болтом) и встречает удар еще не закрученного потока горной массы. Подкладные листы, которые представляют собой профилированные чугунные пластины, образуют "берега" потока горной массы и защищают от абразивного износа в каналах ускорителя внутреннюю поверхность верхней и нижней пластин. Кроме того, обе пластины играют роль главных деталей силового каркаса ускорителя, к которым крепятся разгонные каналы и вся чугунная футеровка. Для защиты кромки окна и удержания слоя самофутеровки в конце разгонного канала устанавливается стальная концевая лопатка. Для повышения ее износостойкости применяют одну или несколько твердосплавных вставок. Описанная выше компоновка ускорителя "Вагмас" стала прототипом ускорителя для современных центробежно-ударных дробилок, так как сочетает минимальный износ и удобство замены съемных деталей на демонтированном ускорителе. Низкий ресурс и высокая чувствительность традиционных подшипниковых опорных узлов к ударным радиальным нагрузкам не позволяли увеличивать скорость вылета куска руды из ускорителя до требуемых при дезинтеграции руд значений (70...100 м/с), если крупность максимальных кусков остается в пределах 40...70 мм. Таким образом, в центробежных дробилках в случае использования подшипникового узла для достижения высокой производительности требуется выбирать либо крупность питания, либо скорость удара. Из-за малой скорости и, следовательно, низкого коэффициента измельчения высока степень возврата на додрабывание. Очевидно, что ударные

дробилки, разработанные с применением традиционных подшипниковых узлов, пока не могут конкурировать с конусными дробилками мелкого дробления, стержневыми мельницами и мельницами полусамоизмельчения.

Для преодоления данных ограничений ЗАО "Новые технологии" (г. С.-Петербург) была применена воздушная опора. Опора представляет собой две полусферы, в зазор между которыми нагнетается воздух вентилятором 3 (рис. 3). Требуется небольшое давление воздуха, достаточно типового напорного вентилятора. Роторная часть "всплывает" и выбирает ось вращения под действием внешних факторов. При этом значительно снижается чувствительность к дебалансу (по сравнению с подшипниковыми аналогами до 5–10 раз). Снижение чувствительности вращающихся систем к нагрузкам на них позволяет вращать с высокими скоростями ускорители больших диаметров. Это приводит к снижению износа рабочих органов оборудования, так как ускорение и прижимные усилия измельчаемого материала на быстроизнашиваемые элементы при этом значительно ниже, чем на меньших ускорителях, придающих материалу заданную скорость [1].

Среди современных производителей центробежных дробилок кроме зарубежных фирм, таких как "Cedarapids Iowa" (США), "Kolberg Pioneer" (США), "Krupp" (Германия), "Metco Minerals" (Финляндия), "Sandvic" (Швеция), НПО "Центр" (Белоруссия, Минск), немалую роль играют и отечественные фирмы – "Новые технологии" (г. С.-Петербург), "Урал-Омега"

Технические характеристики центробежных дробилок

Параметры	НПО "Центр" (г. Минск), ЗАО "Урал-Омега" (г. Магнитогорск), АНППЦ "Уралмеханобр-Инжиниринг" (г. Екатеринбург)				ЗАО "Новые технологии" (г. С.-Петербург)		
	ДЦ-0,63	ДЦ-1,0	ДЦ-1,25	ДЦ-1,6	Титан Д-125	Титан Д-160	Титан Д-250
Максимальная крупность питания, мм	25	40	60	75	До 60/70	До 70/110	До 100/150
Производительность, т/ч	5...15	15...40	80...160	150...250	До 150/220	До 250/330	До 500/650
Мощность электродвигателя, кВт	22...25	45...132	110...200	160...250	110...200	160...315	315...500
Масса, т	2,5	4,8	9,0	13,0	9	15	30
Энерговооруженность, кВт м <sup>3</sup> (МДж/м <sup>3</sup> )	7,04...2,67 (25,3...9,6)	4,8...5,28 (17,3...19,0)	2,2...2,0 (7,9...7,2)	1,71...1,6 (6,2...5,8)	1,17...1,45 (4,2...5,2)	1,02...1,53 (3,7...5,5)	1,01...1,23 (3,6...4,4)
Показатель эффективности оборудования, м <sup>3</sup> /(кВт ч)	0,14...0,38	0,21...0,19	0,45...0,50	0,59...0,63	0,85...0,69	0,98...0,65	0,99...0,81

(г. Магнитогорск), "Уралмеханобр-Инжиниринг" (г. Екатеринбург).

Техническая характеристика центробежных дробилок отечественного и Белорусского производства приведена в таблице.

Центробежно-ударные дробилки [1] имеют большой КПД и высокий коэффициент измельчения благодаря тому, что практически вся подводимая к дробилке энергия используется для сообщения кинетической энергии измельчаемому материалу, т.е. непосредственно для дробления. Общий вид дробилки и ее устройство представлены на рис. 3.

Вентилятором 3 высокого давления в рабочей камере создается давление воздуха, необходимое для всплытия ротора и образования "газового подшипника" системы. С помощью карданного вала 5 приводится в движение рабочий орган дробилки, вращая ускоритель, находящийся в измельчительном блоке 1. На валу электродвигателя 4 установлена центробежная муфта, предназначенная для облегчения запуска рабочего органа дробилки и предохраняющая дробилку от повреждений.

Карданная передача приводит в движение рабочий орган дробилки и дает возможность регулировать величину всплытия ротора.

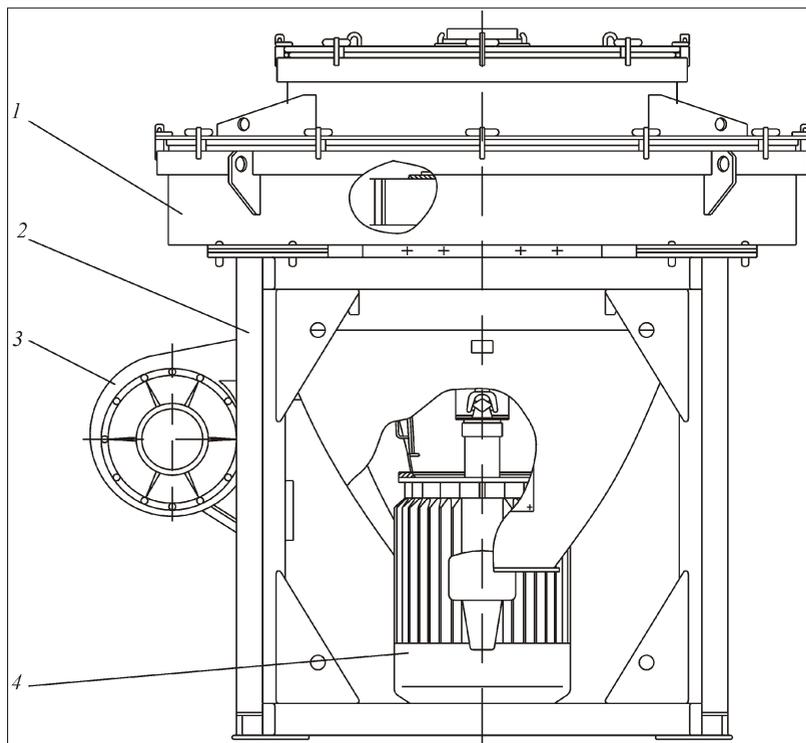


Рис. 3. Устройство центробежной дробилки:  
1 – блок измельчительный; 2 – рама; 3 – вентилятор (наддува); 4 – электродвигатель привода; 5 – карданный вал

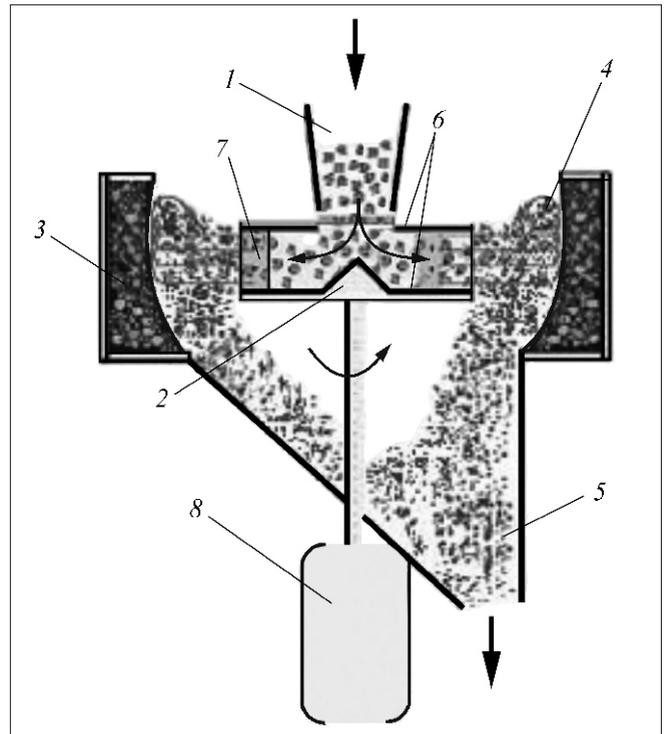
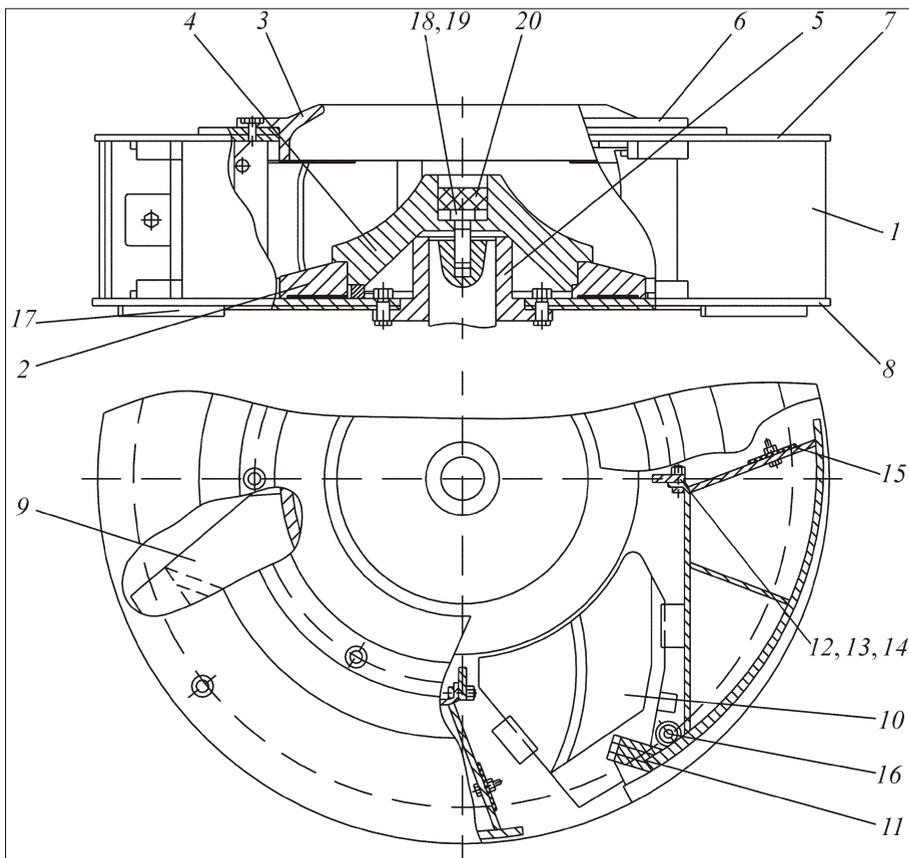


Рис. 4. Принципиальная схема движения материала в центробежной дробилке:

1 – питание дробилки (фракции менее 70 мм); 2 – ускоритель; 3 – карман самофутеровки; 4 – камера дробления; 5 – выгрузка дробленого материала; 6 – подкладные пластины; 7 – твердосплавные пластины (лопатки); 8 – электропривод

В работе дробилки использован принцип свободного удара для разрушения исходного материала. Схема движения материала в центробежной дробилке представлена на рис. 4. Материал 1 подается питателем из загрузочного бункера в загрузочную воронку. Из загрузочной воронки измельчаемый материал под действием собственной силы тяжести поступает в центральное входное отверстие – ускоритель 2. Ускоритель (рис. 5) представляет собой цилиндрическую полу конструкцию, вращающуюся вокруг вертикальной оси. Под действием возникающей в результате вращения ускорителя центробежной силы куски измельчаемого материала двигаются с ускорением от центра к периферии вдоль образуемых перегородками каналов. Этот процесс занимает доли секунды (0,01), но нагрузки на кусок значительны в связи с большим ускорением разгона. Во время циркуляции куски материала, взаимодействуя меж-



**Рис. 5. Устройство ускорителя:**

1 – обечайка; 2 – кольцо (подкладное); 3 – кольцо входное; 4 – конус; 5 – втулка (шлицевая); 6 – кольцо прижимное; 7 и 8 – диски верхний и нижний; 9 и 10 – листы подкладные верхний и нижний; 11 – лопатка (концевая); 12 – пластина; 13 и 14 – элементы крепления; 15 – пластина (балансировочная); 16 – ось (крепления лопатки); 17 – ребро (лопасти); 18 – болт крепления ускорителя; 19 – шайба стопорная; 20 – заглушка

ду собой, разрушаются, образуя продукт дробления.

Материал вылетает из ускорителя в камеру дробления 4 (см. рис. 4) с линейной скоростью, определяемой частотой вращения и диаметром ускорителя. В ней куски материала сталкиваются с материалом, лежащим в карманах 3 камеры (т.е. с самофутеровкой). Дополнительному измельчению материала способствует также процесс хаотичного столкновения кусков друг с другом внутри камеры. Происходит несколько десятков столкновений (при мелкой фракции в питании и глубоком кармане – до сотни), прежде чем материал покинет камеру дробления. При этом энергия столкновений расходуется на дополнительное разрушение кусков.

После потери скорости в результате неупругих столкновений друг с другом, а также под воздействием силы тяжести дробленые куски падают вниз и попадают в "разгрузочные штаны" (5) дробилки, по которым "стекают" в бункер гото-

вого продукта или на отводящий конвейер. Затем продукт идет на классификацию для выделения недодробленных кусков и возврата их обратно в дробилку.

Дробление материалов с помощью центробежно-ударных дробилок обладает рядом преимуществ перед другими способами измельчения: предпочтительное разрушение по естественным структурным границам внутри измельчаемых кусков, незначительные сдвиговые деформации внутри однородных фрагментов. Это делает центробежно-ударные дробилки особенно эффективными для получения высокопрочного щебня кубовидной формы, а при измельчении руд позволяет достигнуть "раскрытия" вкраплений полезных компонентов при крупности в 2–3 раза большей, чем в другом измельчительном оборудовании.

При всей привлекательности центробежно-ударных дробилок до 80-х гг. XX века существовал ряд технических и "материаловедческих" ограничений, сдерживавших широкое

применение реализуемого в них способа дробления, изобретенного еще в начале прошлого века. Для повышения эффективности ударной дезинтеграции необходимо увеличить скорость материала при соударениях, однако это приводило к чрезмерному росту ударно-абразивного износа рабочих органов и снижению ресурса подшипниковых узлов привода дробилки.

Проблема износа в значительной степени была решена использованием принципа самофутеровки. Новые ускорители [3], изобретенные в 80-х гг. XX века, сконструированы так, что вызывающий ударно-абразивный износ материал соприкасался в основном не с поверхностью рабочих органов дробилки, а со слоем измельчаемого материала.

Что же касается проблемы обеспечения приемлемого ресурса подшипниковых узлов, то она по-прежнему не имеет удовлетворительного решения в рамках традиционных схем механического привода с фиксированной подшипниками

осью. Это связано с тем, что узел, обеспечивающий вращение роторной части центробежно-ударной дробилки, должен удовлетворять следующим требованиям:

1) выдерживать большие ударные нагрузки, возникающие при передаче импульса кусками материала в момент попадания в ускоритель и в момент выхода из него;

2) работать в условиях сильной массовой несбалансированности вращающейся системы и, как следствие, выдерживать огромные усилия, связанные с воздействием на подшипниковые опоры гироскопических моментов, вызванных действием внешних моментов на вращающуюся часть дробилки.

В свою очередь несбалансированность ускорителя может быть вызвана следующими факторами:

неравномерным залеганием футерующего материала в каналах ускорителя из-за чрезмерной влажности исходного материала, особенно с содержанием глины;

заклиниванием крупного куска в канале и забиванием канала из-за нарушения работы питающего грохота;

неравномерным износом или разрушением лопатки куском или посторонним металлическим предметом, пропущенным металлоуловителем;

неравномерным питанием, приводящим к неравноности потоков материала в каналах ускорителя;

превышением допустимой производительности в подаче материала в ускоритель, что может привести к "завалу" дробилки.

На практике все вышеперечисленное приводит к невозможности создания дробилки на традиционной подшипниковой опоре (с фиксированной осью вращения), обладающей одновременно большой производительностью, высокой скоростью вылета кусков и способной перерабатывать материал большой исходной крупности. В дробилках на подшипниковой опоре крупность кусков исходного материала ограничена размером 40 мм, диаметр ускорителя не превышает 1 м, а максимальная частота вращения ротора составляет 1500 мин<sup>-1</sup>, ограничивая линей-

ную скорость измельчаемого материала на выходе из ускорителя значениями 60...70 м/с для максимальных типоразмеров дробилок.

В 2001 г. для преодоления ограничений, накладываемых на скорость вращения ускорителей в дробилках с традиционными подшипниковыми опорами, в ходе программы создания дробилок нового поколения была применена так называемая воздушная (газостатическая) опора [2] ("Новые технологии", г. С.-Петербург), первые упоминания о которой (и соответствующие патенты) относятся к началу XX века.

Разработанная кинематическая схема и конструкция позволяют в процессе работы исключить соударение ротора о статор; вести постоянный контроль над уровнем разбалансировки по показаниям вибродатчиков; при необходимости проводить динамическую балансировку ускорителя как вновь поставленного, так и футерованного; контролировать температуру подшипниковых узлов, что косвенно дает информацию об их техническом состоянии и нагруженности.

### Выводы

Расширение сферы применения центробежных дробилок в настоящее время говорит о том, что они проще в эксплуатации по сравнению с аналогичными дробилками ударного действия.

Конструктивные решения, имеющие место в оборудовании данного типа (такие, как воздушная опора, самофутеровка), обеспечивают больший ресурс работы дробилки, повышение ее износостойкости, возможность применения ускорителя большего диаметра, высокую скорость вылета кусков и, следовательно, способность перерабатывать материал большой исходной крупности.

### Список литературы

1. Лагунова Ю.А. Тенденции развития конструктивных схем центробежных дробилок / Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов V Междунар. конф. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2007. С. 116–122.
2. Титан. СПб.: ОАО "Новые технологии". 2006. № 3. 4 с.
3. <http://www.uralomega.ru>

**А.Г. Худяков**, гл. механик, ОАО "Ураласбест", **С.А. Червяков**, директор дивизиона "Горное оборудование" ООО "Уралмаш-Инжиниринг"

## Опыт эксплуатации конусных дробилок на обогатительной фабрике ОАО "Ураласбест"

*Приведена информация по эксплуатации конусной дробилки мелкого дробления на обогатительной фабрике ОАО "Ураласбест", показаны ее достоинства.*

**Ключевые слова:** конусная дробилка, регулирование разгрузочной щели, система дистанционного управления.

**A.G. Khudyakov, S.A. Chervyakov**

## Asset Quality of Cone Crusher on the Ore Mill JSC "Uralasbest"

*An information guide cone crusher of fine crushing at the concentration plant of JSC "Uralasbest", displaying their dignity.*

**Keywords:** cone crusher, regulation of off-load chink, remote control arrangement.

Одним из основных направлений сокращения затрат на обслуживание дробильных установок является повышение коэффициента использования дробилок. Ключевым направлением решения этой проблемы для руководства ОАО "Ураласбест" стало приобретение конусной дробилки мелкого дробления с автоматизированным регулированием рабочих параметров (см. 4-ю стр. обложки).

Обычно в конусных дробилках применяется резьбовое регулирование щели с помощью механизма поворота, привод которого осуществляется от гидроагрегата. Поскольку конструкция дробилки не предусматривает возможности контролировать размер щели в процессе работы, было решено проводить контроль щели по косвенным факторам. В автоматизированную систему была введена величина, названная шаговой наработкой, которая определяется как количество энергии, затраченное на износ броневых плит на 1 мм. В рамках опорного пункта на комбинате "Ураласбест" были проведены замеры износа комплектов брони для дробилок КСД и КМД, а также была определена наработка брони под нагрузкой. Были получены следующие данные:

- зависимость износа брони от количества энергии, затраченной на износ, близка к линейной (рис. 1);
- характер износа брони каждого типа машин одинаков.

Результатом стало определение теоретической величины шаговой наработки для дробилок КСД и КМД.

В корпусе ДСК на обогатительной фабрике № 6 дробилки среднего и мелкого дробления установлены в вертикальных каскадах в соотношении 1:1. Питание дробилок осуществляется течкой надрешетного продукта с грохота, а подрешетный продукт с грохота выводится другой течкой, проходящей рядом с дробилкой.

На одной из технологических линий смонтирована система АСУ ТП, которая связывает две дробилки и конвейер. Структурная схема системы показана на рис. 2.

Система предназначена для автоматического поддержания первоначально установленного размера разгрузочной щели дробилок, в пределах,

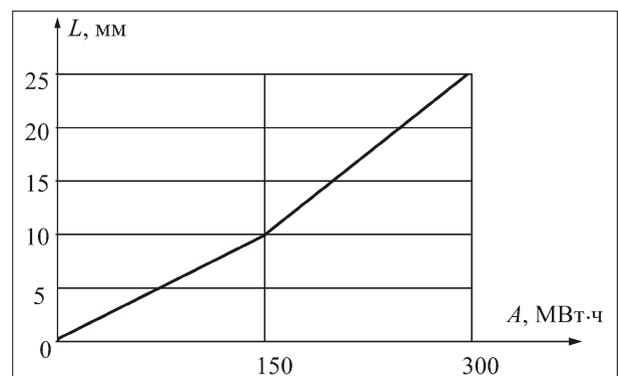


Рис. 1. Зависимость износа броневых листов от количества энергии, затраченной на износ

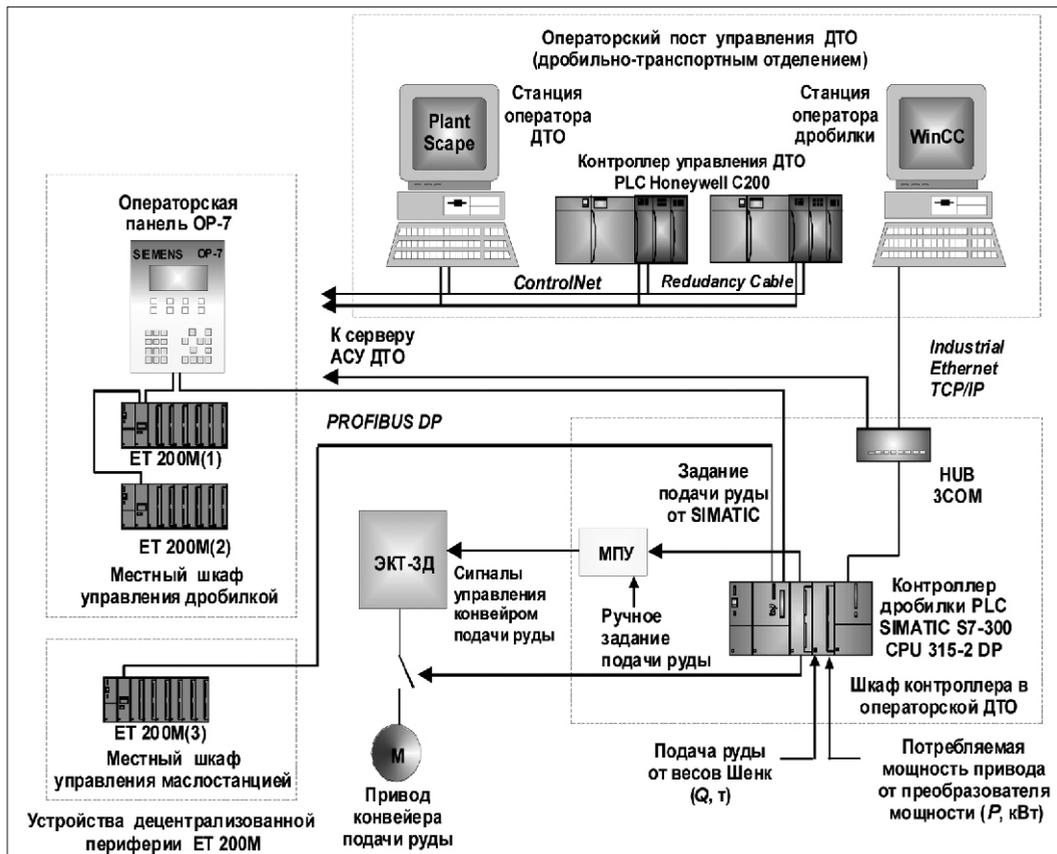


Рис. 2. Структурная схема автоматизированной системы управления дробилкой КМД-2200Т6-Д (ООО "Урал-Софт"):

SIMATIC S7-300 – программируемый контроллер PLC; ЭКТ – электропривод коллекторный тиристорный; МПУ – местный пульт управления; HUB 3COM – концентратор для сбора и передачи информации на сервер станции оператора; PROFIBUS DP – сетевой кабель для передачи информации

соответствующих одному шагу (зубцу) храпового венца кожуха механизма фиксации (в дробилке КСД-2200Т-ДМ – 1,3 мм, в дробилке КМД-2200Т6-Д – 1,1 мм). Процесс изменения ширины разгрузочной щели производится с помощью механизмов поворота и фиксации (рис. 3), привод гидроцилиндров которых осуществляется от гидроагрегата. Управление гидроагрегатами дробилок осуществляется от программируемого контроллера, установленного в шкафу управления технологической линией.

При достижении заданной наработки на одной из дробилок система автоматически обрабатывает первый цикл. Происходит остановка конвейера, после чего система управления гидроагрегатом проводит регулировку разгрузочной щели на 1 шаг

(зубец). Схема управления гидроагрегатом возвращается в исходное состояние до получения

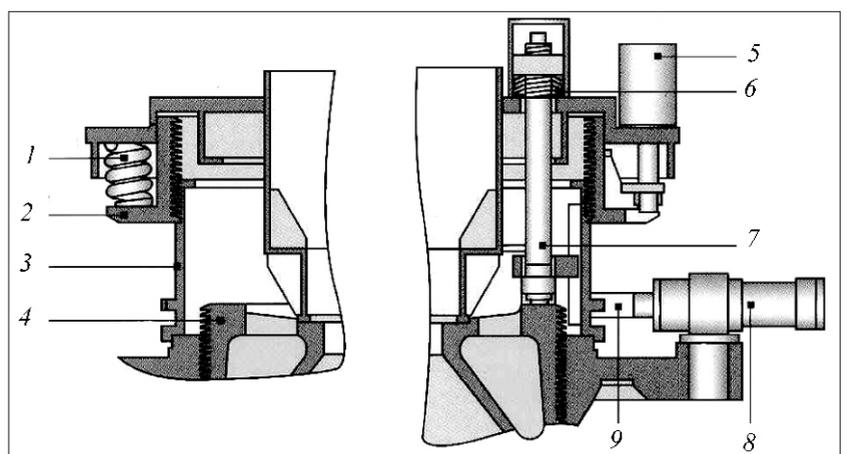


Рис. 3. Гидравлическое регулирование разгрузочной щели:

1 – пружины фиксации; 2 – резьбовое кольцо; 3 – кожух; 4 – регулирующее кольцо; 5 – гидроцилиндры расфиксации; 6 – тарельчатые пружины; 7 – колонка; 8 – гидроцилиндр поворота регулирующего кольца; 9 – толкатель

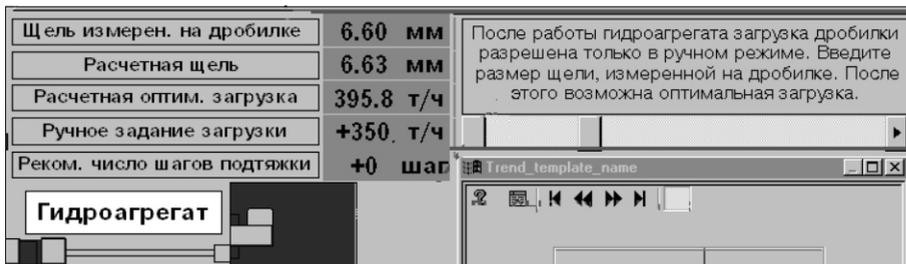


Рис. 4. Сообщения на экране дисплея

сигнала из АСУ ТП на обработку следующего цикла. Выводимая на экран дисплея информация показана на рис. 4.

После каждого сигнала завершения цикла АСУ ТП обеспечивает:

- регистрацию порядкового номера цикла от начала работы комплекта брони;
- сброс отсчета шаговой наработки;

- возврат величины текущей щели к величине начальной щели.

В работу системы АСУ ТП заложены следующие условия:

- 1) автоматическая система контроля амортизации дробилок основана на принципе вибродиагностики (разработчик системы ООО "Балтех", г. С.-Петербург); при срабатывании любого из четырех вибродатчиков дробилки АСУ ТП выдает сигнал на изменение скорости конвейера (стартовое значение – 5 %);
- 2) мощность, потребляемая главным приводом, не должна превышать номинальной мощности электродвигателя; при достижении предельно допустимой мощности выдается команда

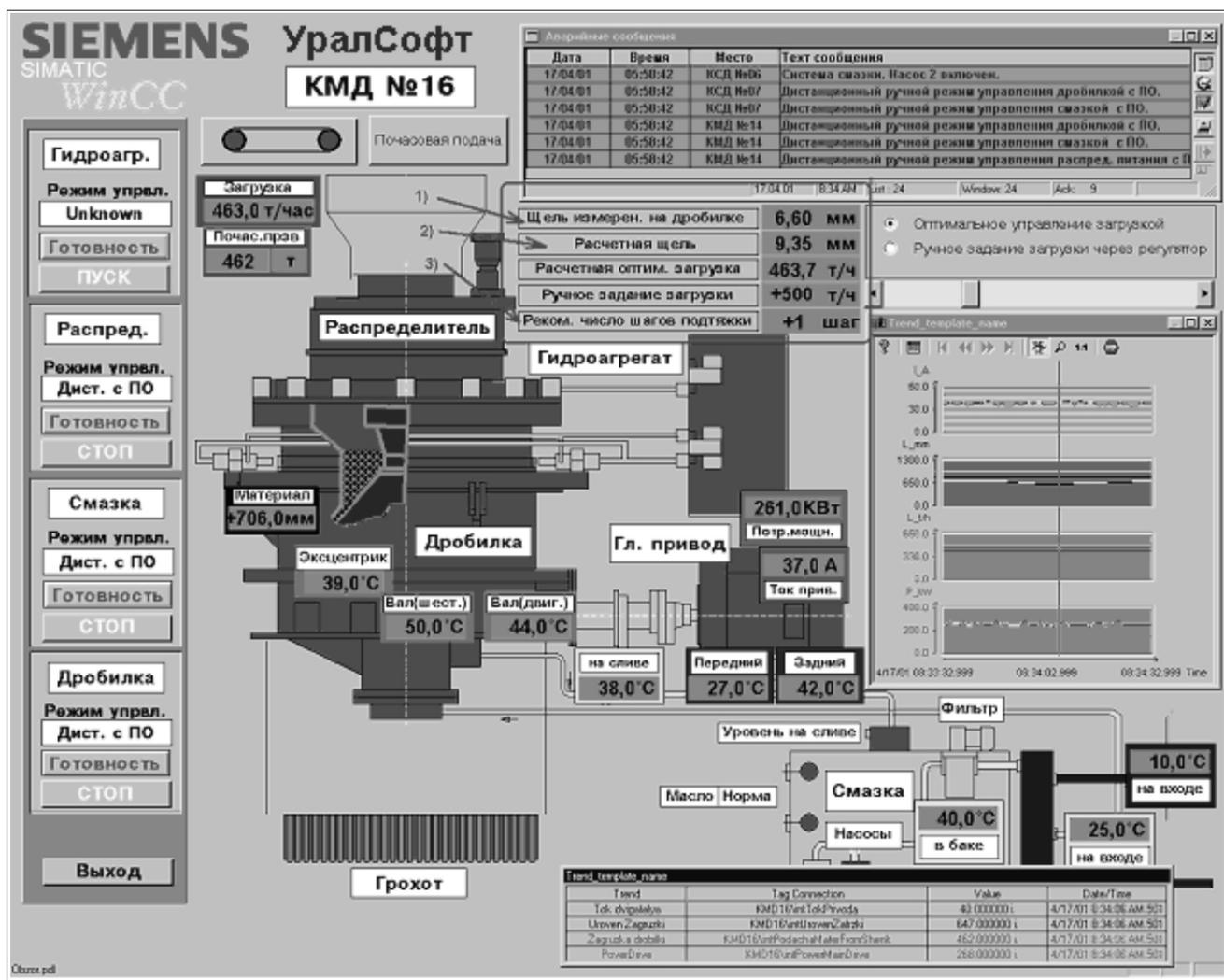


Рис. 5. Видеокадр контроля состояния оборудования дробилки КМД-2200Т6-Д

на остановку конвейера, а через 30 с – на остановку дробилок;

3) автоматическая система контроля уровня загрузки осуществляется в приемной зоне дробилки КМД-2200Т6-Д; в качестве датчика уровня применен ультразвуковой датчик фирмы "Siemens", при достижении входным сигналом величины предельно допустимого уровня материала в приемной зоне дробилки (стартовое значение – 950 мм от датчика, уточняется во время пуска наладки) выдается команда на изменение скорости конвейера (стартовое значение – 5 %).

Также АСУ оборудована системой визуализации (рис. 5) на станции оператора (разработчик системы ООО "Уралсофт", г. Екатеринбург), где на дисплее по каждой дробилке отображается:

- начальный размер разгрузочной щели;
- текущее значение разгрузочной щели.

**Наиболее важными и ценными качествами АСУ дробилок являются:**

– непрерывный контроль состояния оборудования комплекса механизмов и агрегатов дробилки в процессе работы;

– формирование сигнала для управления загрузкой дробилки.

Эффективность машины определяется, во-первых, технологическими показателями дробилки (производительность, крупность, форма кусков), во-вторых, надежностью и ресурсом работы узлов и деталей машины, от которых напрямую зависят эксплуатационные затраты.

Необходимо также отметить следующие факторы:

- *жесткая опора дробящего конуса в сочетании с пружинным замыканием усилия дробления* обеспечивает стабильный гранулометрический со-

став продукта за счет стабильного размера разгрузочной щели;

- *принцип дробления "кусок о броню"* позволяет получить готовый продукт, обладающий наименьшей энергоемкостью при последующем измельчении, так как материал (такой же крупности), продробленный "в слое", за счет своего упрочнения в дальнейшем измельчается с большими энергозатратами;

- *пружинная амортизация механизма дробилки* наиболее эффективна, надежна и проста в эксплуатации и обслуживании;

- *большой сферический подпятник* дробящего конуса обеспечивает стабильную кинематику основного рабочего органа дробилки, не требуя для этого специальных стабилизирующих устройств и дополнительных затрат при эксплуатации;

- *корпусные детали* дробилки рассчитаны на длительный срок высокопроизводительной и надежной работы машины.

Дивизион "Горное оборудование" ООО "Уралмаш-Инжиниринг" МК "Уралмаш", будучи сторонником машин одной компоновочной схемы, на протяжении длительного времени, всегда стремясь к модернизации дробилок, при этом старается максимально возможно сохранить взаимозаменяемость дробилок по внешним присоединительным размерам и основным базовым деталям. Именно это качество позволяет уже на протяжении многих лет сотрудничать таким двум крупнейшим предприятиям, как ОАО "Ураласбест" и МК "Уралмаш".

#### Список литературы

1. **Горное** оборудование Уралмашзавода / Коллектив авторов. Под ред. Г.Х. Бойко. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. 240 с.

## Анализ работы системы смазки в дробильно-размольном оборудовании

*Проведен анализ систем смазок в базовом дробильно-размольном оборудовании, показаны сравнительные характеристики видов смазок и оценена величина их расхода.*

**Ключевые слова:** система смазки, дробильно-размольное оборудование, расход смазки.

Yu.A. Lagunova, K.S. Suslina

## The Analysis of Work of the Lubrication System in the Crushing-Grinding Equipments

*The analysis of the lubrication systems in the basic crushing-grinding equipments, in is shown comparable characteristics of the types of lubrication systems and exercised of the value consumption lubrication.*

**Keywords:** the lubrication systems, crushing-grinding equipments, consumption lubrication.

Гидравлические системы в современном оборудовании применяются не только для управления механизмами, но и для обеспечения нормального выполнения основного технологического процесса.

При работе любого оборудования в соприкасающихся и движущихся деталях возникает трение, которое является причиной износа, т.е. постепенного разрушения поверхности твердого тела под действием сил трения. Продление срока эксплуатации и повышение КПД работы оборудования достигаются созданием смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) в зонах контакта трущихся поверхностей узлов и механизмов. Эти задачи решаются с помощью гидравлических систем смазки и охлаждения.

Циркуляционные системы смазки, задачей которых является своевременная доставка требуемого количества смазочного материала надлежащего качества в зону контакта трущихся поверхностей, не только обеспечивают нормальное функционирование тяжелонагруженного оборудования, но и существенно повышают эффективность его работы, снижают эксплуатационные расходы.

Для смазывания узлов конусных дробилок крупного дробления (ККД) применяются две системы: жидкой циркуляционной смазки и централизованной густой смазки (рис. 1) [1]. От установки

жидкой циркуляционной смазки смазываются подшипники скольжения приводного вала, эксцентрик, диски подпятника эксцентрика, зубчатая коническая передача и опорный вал дробящего конуса. Остальные узлы дробилок крупного дробления (верхний подвес, противопылевое уплотнение дробящего конуса, роликподшипники приводных шкивов) смазываются от станции централизованной густой смазки.

Для смазывания дробилок среднего и мелкого дробления (КСД и КМД) применяются только системы жидкой циркуляционной смазки. От одной установки жидкой смазки смазываются подшипники скольжения приводного вала, коническая и цилиндрическая втулки эксцентрика, диски подпятника эксцентрика, сферический подпятник дробящего конуса и зубчатая коническая передача.

Система жидкой циркуляционной смазки включает в себя смазочную установку и разводку трубопроводов по дробилке. Установка жидкой циркуляционной смазки предназначена для подачи жидкой смазки к узлам трения. Конструктивно и по гидравлической схеме установки жидкой смазки дробилок крупного, среднего и мелкого дробления мало отличаются друг от друга. Различие состоит в технических характеристиках насосов и смазочного оборудования, применяемого в установках (табл. 1), в размерах ем-

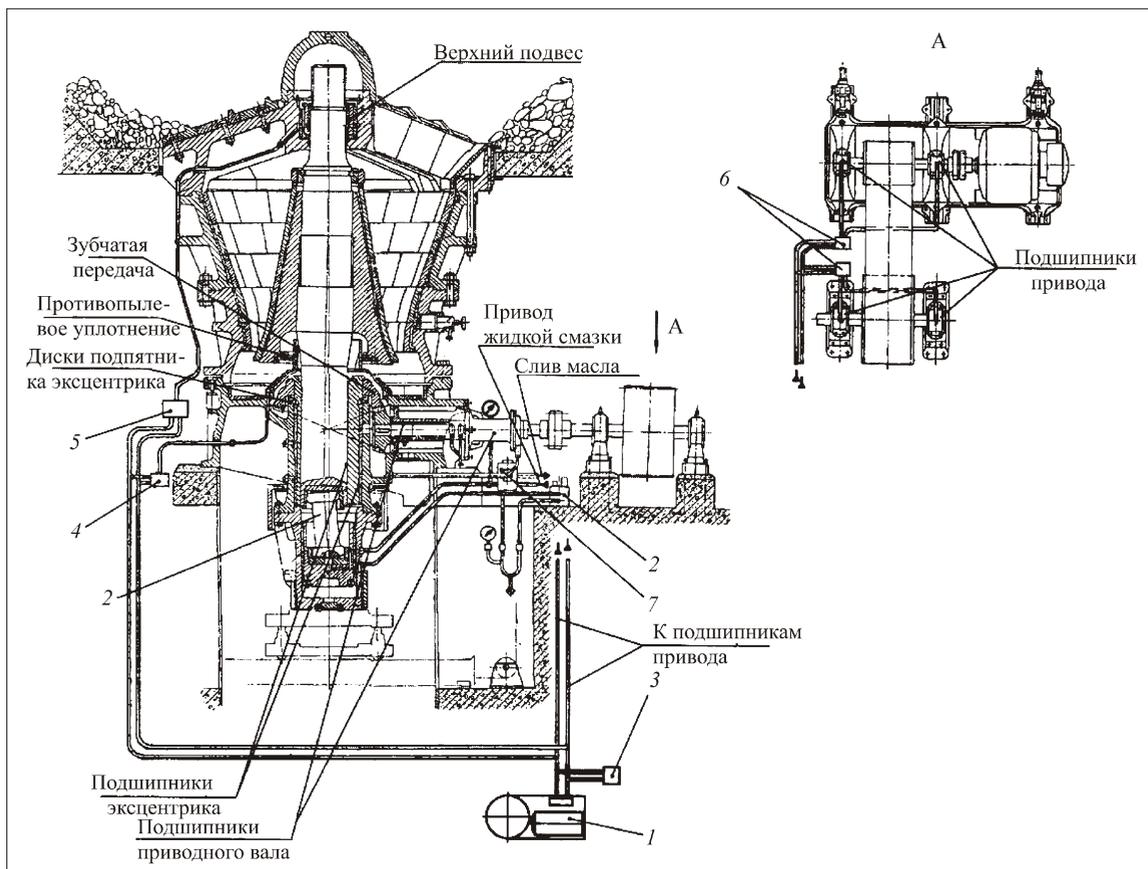


Рис. 1. Разводка смазки по дробилке ККД-1500/180:

1 – станция густой смазки 0630-2; 2 – гидроагрегат; 3 – блок переключения; 4–6 – питатели; 7 – система жидкой смазки

костей для масла и в габаритах установок. Гидравлическая принципиальная схема смазочной установки УС-125 приведена на рис. 3. МК "Уралмаш" использует в конструкциях дробильно-размольного оборудования также автоматическую систему смазки производства фирмы "Lincoln".

Кроме вышеупомянутых систем разработаны решения по установке автоматических централизованных систем смазки (АЦСС) для профилактики открытых зубчатых зацеплений мельниц, а также щековых дробилок производства "Уралмаш".

Барабанные мельницы "Уралмашзавода" [1] оборудуются современными системами централизованной смазки с автоматически действующими смазочными механизмами и контрольными устройствами подачи и дозирования смазки.

В систему жидкой циркуляционной смазки входят: установка жидкой смазки, контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура, дроссели смазочные, указатели потока, диафрагмы дроссельные, разводка труб по мельнице,

разводка труб по редуктору (при наличии редуктора).

Система жидкой циркуляционной смазки предназначена для смазки главных подшипников барабанов мельниц, подшипников подвальной шестерни, а также подшипников и зубчатых зацеплений редуктора, если редуктор входит в состав мельницы.

В систему густой смазки входят: станция автоматическая густой централизованной смазки типа 0630-2-04, фильтры, форсунка для распыления густой смазки, вентили, контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура, разводка труб по мельнице.

Нагрузки на коренные подшипники барабанов крупных мельниц достигают больших величин, что требует применения для их смазки более высоких расходов смазочно-охлаждающей жидкости. Для смазки узлов трения мельницы с диаметром барабана 5700 мм используется смазочная установка УС-63 производительностью 63 л/мин (табл. 2).

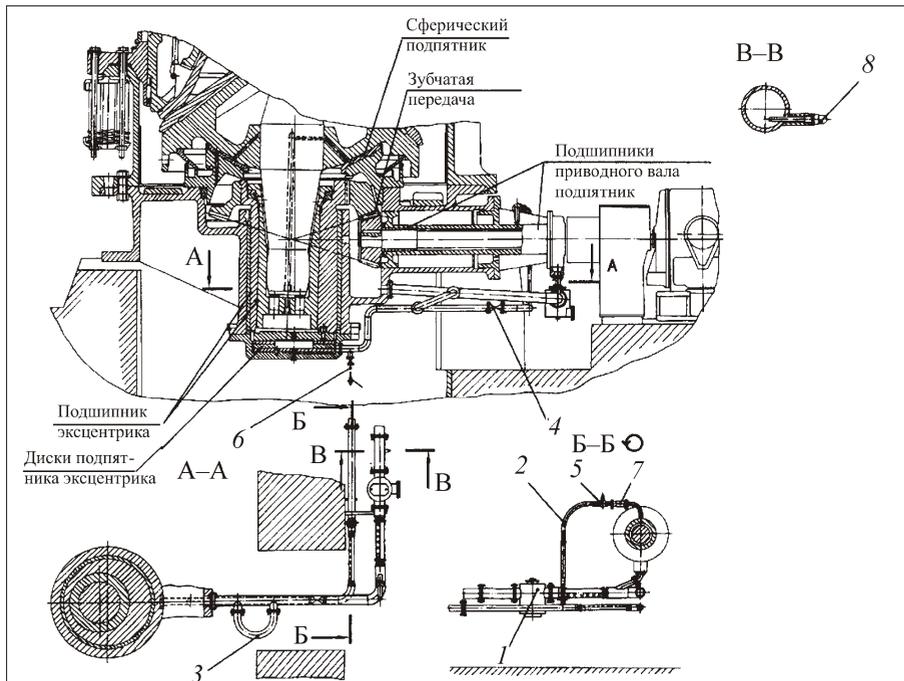


Рис. 2. Разводка смазки по дробилке КСД-КМД:

1 – отстойник; 2 – рукав; 3 – перемычка для промывки; 4 – клиновые задвижки; 5 – пробковый кран; 6 – шаровой кран; 7 – указатель потока; 8 – термопреобразователь сопротивления

Смазка каждого из важнейших узлов трения крупной мельницы самоизмельчения с диаметром барабана 8700 мм производится от отдельной независимой смазочной установки: главные подшипники смазываются от установки смазочной производительностью 125 л/мин и от двух установок высокого давления системы гидрподпора; подшипники и зубчатые зацепления редуктора – от установки УС-200 производительностью 200 л/мин; зубчатый венец – от установки производительностью 8 л/мин; подвенцовая шестерня и подшипники электродвигателя – от установки УС-16 производительностью 16 л/мин.

Установка высокого давления, входящая в комплект смазочных установок крупных мельниц, предназначена для создания гидрподпора на главных подшипниках в момент пуска и остановки мель-

ницы в целях создания условий жидкостного трения.

Масло из бака всасывается шестеренным насосом и подается для очистки от механических примесей в пластинчатый фильтр с тонкостью фильтрации 80 мкм, от него масло через кран поступает к узлам трения мельницы. Давление масла, поступающего к смазываемым точкам, устанавливается при помощи предохранительного клапана и контролируется манометром. При превышении давления в системе сверх допустимого срабатывает предохранительный клапан, и избыток масла сбрасывается в бак.

Распределение расхода масла между смазываемыми точками для главных подшипников производится дросселями, установленными в подводящих трубопроводах. Подача

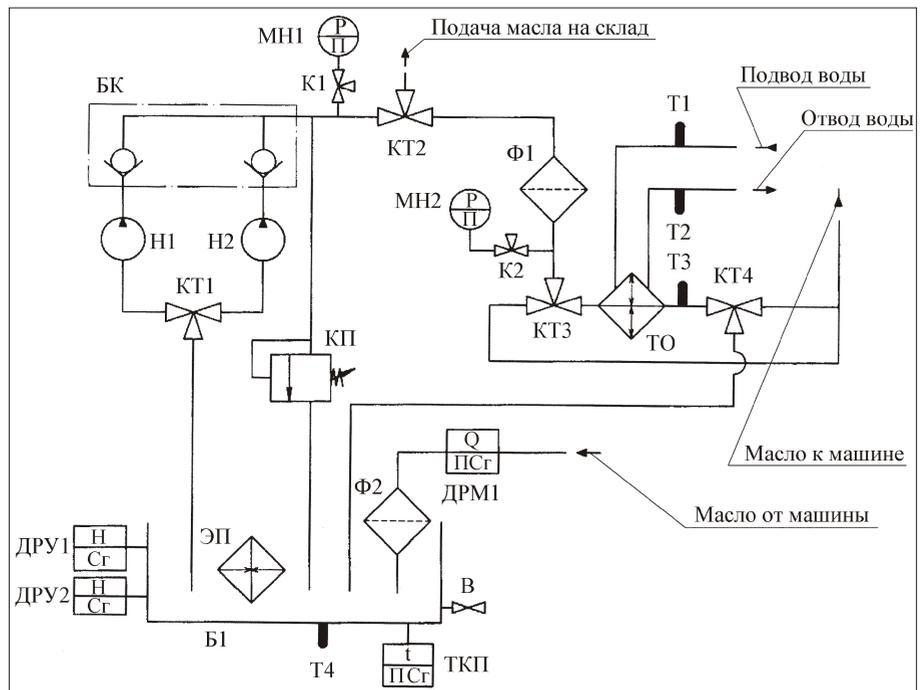


Рис. 3. Гидравлическая принципиальная схема смазочной установки УС-125:

Б1 – бак-отстойник; БК – блок клапанов; В – вентиль; ДРУ – датчик-реле уровня; ДРМ – датчик расхода масла; К1 – трехходовой кран для манометра; КП – клапан предохранительный; КТ – трехходовой вентиль; МН – манометр; Н – шестеренный насос; Т – термопреобразователь сопротивления; ТКП – термометр; ТО – теплообменник; Ф – фильтр; ЭП – блок электронагревателей

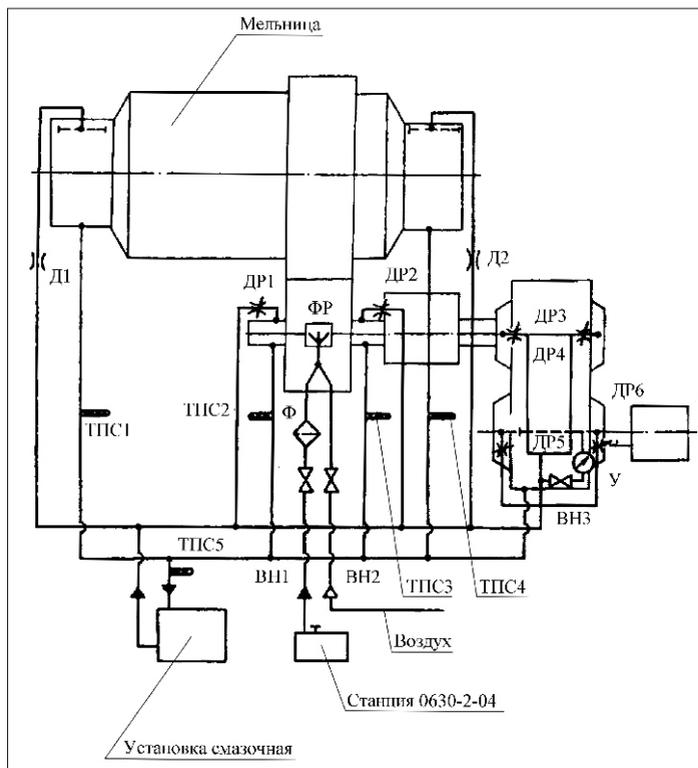
Системы смазки конусных дробилок

Наименование и тип конусных дробилок		Мощность двигателя, кВт	Жидкая смазка			Густая смазка
			Тип смазочной установки	Расход масла на машину, л/мин		
				ном.	мин.	
Крупного дробления	ККД-500/75	110	УС-63	70	50	Станция двухлинейная централизованной смазки 0530-2, ГОСТ 11700-80
	ККД-900/140	250	УС-125	100	75	
	ККД-1200/150	320				
	ККД-1500/180	400	УС-200-3	200	150	
	ККД-1500/180-2	400				
	ККД-1500/180 ГВП	400				
	ККД-1500/180-2 МРЩ	400				
Редукционного дробления	КРД-700/75	250	УС-125	100	75	
	КРД-700/100	250				
Среднего дробления	КСД-1750 Гр	160	УС-63	70	50	
	КСД-1750 Т-Д	160				
	КСД-2200 Гр-ВД	250	УС-125	100	75	
	КСД-2200 Т-Д	250				
	КСД-2200 Гр-Д	250				
	КСД-2200 Т2-Д	250	УС-200/2В	200	150	
	КСД-3000 Т-Д	400	УС-200-3	200	150	
Мелкого дробления	КМД-1750 Гр-Д	160	УС-63	70	50	
	КМД-1750 Т-Д	160				
	КМД-1750 Т3-Д	200				
	КМД-2200 Гр-ВД	315	УС-125	100	75	
	КМД-2200 Т1-ВД	250				
	КМД-3000 Т2-ДП	500	УС-200-3	200	150	
	КМД-3000 Т2-ДП	500	УС-200/2В	200	150	

Таблица 2

Технические характеристики систем индивидуальной смазки мельниц

Параметры	Диаметр барабана мельниц, мм			
	2100	3600	2700; 3200	5700
Система жидкой циркуляционной смазки				
Тип смазочной установки	УС-32		УС-16	УС-63
Объем масла, заливаемого в бак, м <sup>3</sup>	0,16		0,16	1,25
Марка масла	Индустриальное И-50А, ГОСТ 20799-80			
Система густой смазки				
Тип смазочной станции	0630-2, ГОСТ 11700-80			
Производительность, дм <sup>3</sup> /мин	0,63			
Рабочее давление, МПа	20			
Объем смазки в станции, дм <sup>3</sup>	160			
Марка смазки	Графитная УСс-А, ГОСТ 3333-80			



**Рис. 4. Гидравлическая схема системы смазки мельниц:**  
 ВН – вентиль; Д – дроссельная диафрагма; ДР – смазочный дроссель;  
 ТПС – термопреобразователь сопротивления; У – указатель потока;  
 ФР – форсунка

смазки к подшипникам подвальной шестерни регулируется дросселями, а к подшипникам редуктора – смазочными дросселями, установленными на подводах в подшипники редуктора (рис. 4).

Смазка главных подшипников мельницы 8700 производится установкой смазочной УС-125 и двумя насосными установками высокого давления. Масло от установки УС-125 подается через общий блок дросселей к вкладышам подшипников и одновременно к всасывающим патрубкам насосов установок высокого давления. Каждый подшипник имеет 9 точек подвода масла (5 точек подвода от УС-125 и 4 точки подвода от установки насосной высокого давления). Распределение потока масла от УС-125 между вкладышами подшипника производится дросселями, а от установки высокого давления – регуляторами потока.

Регулирование подачи смазки возможно с помощью централизованных систем смазки, которые могут обеспечивать возможность регулирования подачи смазки, а именно изменять как расход, так и давление смазочного материала.

Следует отметить, что смазываемые узлы трения дробильно-размольного оборудования по нагрузкам, скоростям относительного перемещения и рабочим температурам существенно отличаются от соответствующих узлов, используемых в оборудовании общего машиностроения.

Повышение нагруженности оборудования и, соответственно, контактного давления трущихся пар и температуры в зоне контакта обуславливает необходимость увеличения давления смазочного материала и расхода смазки.

Таблица 3

Характеристика смазочного материала

Тип масла	Вязкость, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	Окружная скорость, м/с	Давление на подшипник, МПа	Прочность материала зубчатой передачи, МПа
И-12	9...14	0,5...0,9	0,5	–
И-20	19...27	0,5...0,9	0,5...0,65	–
И-30	29...33	0,35...0,5	0,5...0,65	–
И-30	29...33	0,5...0,9	6,5...15,0	–
И-45	38...46	0,66	0,5...0,65	–
И-45	38...52	0,35...0,5	6,5...15,0	–
АК-1	58	0,35	6,5...15,0	–
И-12	13	2,5...5,0	–	500...1000
И-12	13	5,0...12,0	–	1000...1200
И-20	19...27	0,5...25,0	–	500...1000
И-20	19...27	1,0...25,0	–	1000...1200
И-20	19...27	2,5...12,0	–	1200...1600
И-45	32...45	0,5...1,0	–	1000...1200
И-45	32...52	0,5...12,0	–	500...1000
И-45	32...52	1,0...25,0	–	1200...1600
АК-1	58	До 0,5	–	1200...1600

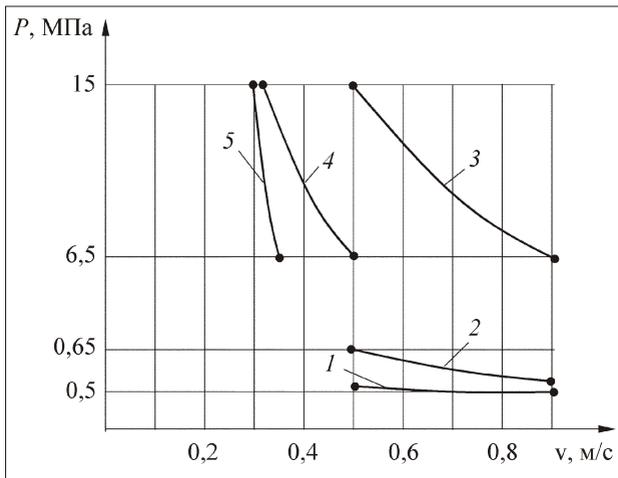


Рис. 5. Графики для выбора масел по давлению на подшипнике и скорости потока:  
1 – масло индустриальное И-12; 2 – И-20; 3 – И-30; 4 – И-45; 5 – АК-1

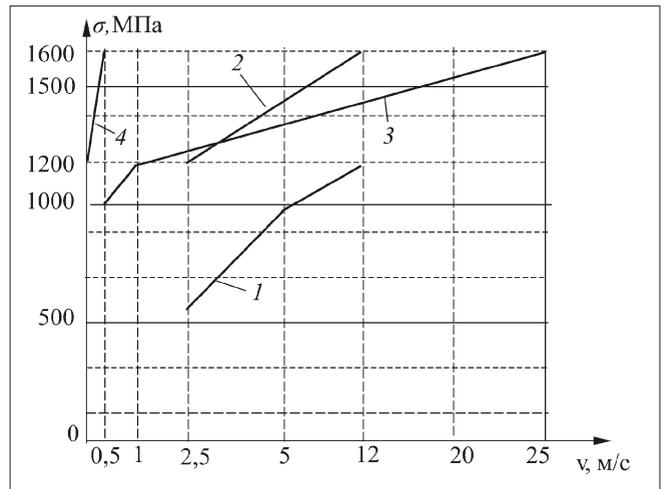


Рис. 6. Графики для выбора масел по допустимым напряжениям материала зубчатых колес и их окружной скорости:  
1 – масло индустриальное И-12; 2 – И-20; 3 – И-45; 4 – АК-1

N	Вид зависимости	Коэффициенты		Дисперсия
		$b_0$	$b_1$	
1	$y = b_0 + b_1 x$	-6.4976	0.45193	404.0494872
2	$y = b_0 + b_1 / x$	223.06	-24333	1151.101476
3	$y = 1 / (b_0 + b_1 x)$	0.0184	-3E-05	1948.668514
4	$y = x / (b_0 + b_1 x)$	2.5926	-51.344	485.468973
5	$y = b_0 b_1^x$	40.561	1.00357	492.6326798
6	$y = b_0 e^{b_1 x}$	40.561	0.00356	492.6316419
7	$y = 1 / (b_0 + b_1 / e^x)$	-534.43	271.335	646.7525
8	$y = b_0 + b_1 \lg(x)$	0.5655	0.9488	448.834155
9	$y = b_0 x^{b_1}$	-32640	-600.58	1948.670066
10	$y = b_0 / (b_1 + x)$	463.77	842.385	837.159182
11	$y = b_0 \cdot x / (b_1 + x)$	256.83	-200.68	858.7140548
12	$y = b_0 e^{b_1 / x}$	55.387	0.00072	434.5310719
13	$y = b_0 + b_1 x^2$	77.344	1.3E-06	636.2482711
14	$y = b_0 + b_1 x^3$	1.2837	-0.0578	0.001541364

Наименьшую остаточную дисперсию имеет уравнение  $y = b_0 + b_1 x$

1. Коэффициент $b_0$	-6.50
2. Коэффициент $b_1$	0.45
3. Коэффициент корреляции	0.894

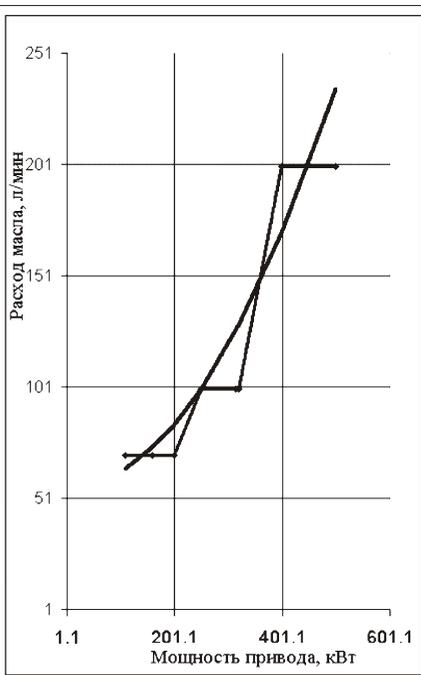


Рис. 7. Вывод зависимости расхода масла от мощности привода дробилки

Энергозатраты, превращаемые в теплоту, участвуют в разрушении деталей машины, так как нагрев снижает предел их прочности, а также несущую способность масляной пленки трущихся пар.

Принцип назначения типа масла следующий: чем выше окружная скорость колеса, тем мень-

ше должна быть вязкость масла и, чем выше контактные давления в зацеплении, тем большей вязкостью должно обладать масло (табл. 3, рис. 5, 6).

Расход смазки зависит от физико-механических свойств дробимого материала, энергоемкости дробления, потребляемой мощности двигателей (см. табл. 1), режима работы оборудования. На рис. 7 показана зависимость расхода смазки  $Q$  (функция  $y$ ) для конусных дробилок от мощности двигателя  $P_{дв}$  (аргумент  $x$ ). По экспериментальным данным получены эмпирические коэффициенты ( $b_0$ ;  $b_1$ ) и аппроксимирующая функция, которая имеет следующий вид:

$$y = b_0 + b_1 x,$$

где  $b_0$  и  $b_1$  – эмпирические коэффициенты;  $x$  – мощность двигателя.

#### Список литературы

1. Горное оборудование Уралмашзавода / под ред. Г.Х. Бойко. Екатеринбург: Уральский рабочий, 2003. 240 с.

УДК 622.72

**В.И. Чернышов**, зам. гл. инженера, ОАО "Ураласбест"

E-mail: office@uralasbest.ru

### Новая продукция ОАО "Ураласбест"

---

*Статья посвящена организации промышленного производства и технологии получения минеральной ваты и минеральных теплоизоляционных плит.*

**Ключевые слова:** теплоизоляционные материалы, минеральная вата, минерал габбро, строительство завода, технологическое оборудование.

**V.I. Chernishev**

### New Product of JSC "Uralasbest"

---

*The article is devoted to the organization of industrial production and technology of mineral wool and mineral insulating boards.*

**Keywords:** heat-insulating material, mineral wool, mineral gabbro, factory construction, process equipment.

Кризис оказал свое негативное влияние на развитие промышленных предприятий в России, в том числе и в горно-добывающей отрасли. В это время резко упал спрос на товарную продукцию ОАО "Ураласбест" – на асбест всех сортов и нерудные строительные материалы. Чтобы укрепить финансовое положение комбината, руководством предприятия при поддержке Совета директоров было принято решение о строительстве завода по производству теплоизоляционных минераловатных материалов (завод ТИМ).

Минеральная вата представляет собой пористую волокнистую массу, полученную из силикатных расплавов горных пород, металлургических шлаков и других силикатных компонентов или их смесей. Ее структура состоит из тончайших взаимно пересекающихся волокон, находящихся, как правило, в стекловидном состоянии, а также капель застывшего расплава. По своим характеристикам минераловатные теплоизоляционные материалы превосходят другие строительные теплоизоляционные материалы.

Решение о строительстве завода ТИМ было принято на основе следующих предварительных проработок.

ОАО "Ураласбест" обладает разведанными и утвержденными запасами минерала габбро Баженовского месторождения. Данный минерал

является в своем роде уникальным сырьем для производства минеральной ваты, его химический состав и модуль кислотности позволяют использовать двухкомпонентную шихту: габбро – 65 %, раскислитель – 35 % (граншлак, порфирит, известняк). Согласно данным геологического отчета по подсчету запасов строительного камня из скальных пород Баженовского месторождения, проведенного в 2001 г., объемов габбро в качестве сырья для завода ТИМ хватит более чем на 50 лет.

В 2007 г. габбро Баженовского месторождения было исследовано в целях установления его пригодности для получения минеральной ваты и тонкого непрерывного волокна Институтом проблем химико-технологических технологий РАН. Результатом исследований явилось положительное заключение о пригодности габбро для получения минеральной ваты. Кроме того, были проведены технологические испытания партии габбро на предмет получения минеральной ваты и минеральных теплоизоляционных плит на ОАО "Билимбаевский завод термоизоляционных материалов", на ЗАО "Завод Минплита" и на ОАО "Тизол". В настоящее время "Завод Минплита" и ОАО "Тизол" приобретают габбро Баженовского месторождения на постоянной основе. ОАО "Ураласбест" в качестве вскрышной породы добывает габбро. При этом объем вскрыши толь-

Иллюстрацию к статье см. на 4-й стр. обложки.

ко до 2022 г. составит более 20 млн. т. Мощности комбината на сегодняшний день не позволяют организовать переработку всего добываемого габбро, поэтому габбро складывается на отвале, откуда его можно при необходимости взять и отправить на дробление в целях получения сырья для производства минераловатной продукции. Дробление габбро в целях получения щебня фракции необходимых размеров происходит на асбестообогащительной фабрике на производстве № 2, где организованы склады для создания его запасов.

ОАО "Ураласбест" располагает площадкой для строительства завода ТИМ. Это незавершенное строительство здания депо по ремонту тяговых агрегатов, находящееся на действующей промышленной площадке рудоуправления — одного из подразделений комбината. На данной площадке имеется определенная инфраструктура для промышленной деятельности, поэтому затраты по строительству завода можно сократить, а имеющиеся площади позволяют расположить две полноценные производственные линии.

Кроме этого, были проведены маркетинговые исследования, которые показали безусловную перспективность развития и создания предприятий, производящих теплоизоляционную продукцию. Наиболее перспективным теплоизоляционным продуктом на сегодняшний день является минераловатная теплоизоляция, она отвечает большинству требований, предъявляемых строителями, заказчиками, экономистами к современным энергосберегающим строительным материалам, которые позволяют сокращать стоимость и сроки строительства, ремонта, отделочных работ.

Производство минеральной ваты включает в себя ряд технологических стадий. Сюда следует отнести операции подготовки сырьевых материалов, составление шихтовой смеси, плавление исходных компонентов, переработку расплава в волокно, осаждение минеральной ваты и формирование ее слоя, введении связующего, тепловую обработку минерального ковра, получение готовых изделий. Для производства минераловатной теплоизоляционной продукции специалисты ОАО "Ураласбест" выбрали передовое технологическое оборудование производства словенской фирмы "Izoteh". На сегодняшний день это оборудование обладает наилучшими технико-экономическими характеристиками по сравнению с другими производителями (повышенная производительность, более низкий расход кокса на 1 т готовой продукции, однородность,

меньшее количество брака и отходов, минимальные вредные воздействия на окружающую среду, возможность быстрого запуска оборудования и выхода на проектную мощность).

Для закупки оборудования и строительства решено было использовать собственные и заемные средства.

Контракт со словенской фирмой "Izoteh" был заключен в феврале 2008 г. и в апреле получено задание на проектирование, в это же время были начаты подготовительные работы по промплощадке. Проектирование завода институтами "Уралгипрошахт" и "Челябинский Промстройпроект" началось в марте 2008 г. Из-за постоянного срыва сроков выпуска проектной документации и низкого качества выполнения проекта положительное заключение государственной экспертизы и разрешение на строительство завода получены только в ноябре 2009 г.

Тем не менее, строительство завода продолжалось. При экспертизе здания основного технологического корпуса, простоявшего как незавершенное производство более 20 лет, было выявлено повреждение ограждающих конструкций и плит перекрытий, а также отсутствие значительного количества плит ограждения. В связи с этим было принято решение произвести облицовку здания сэндвич-панелями, что позволило применить современную экономичную технологию и сократить сроки монтажа.

Поступление основного технологического оборудования началось в апреле 2009 г. и в июне закончено. На территории завода была создана зона временного таможенного контроля, что исключило затраты, связанные с перегрузкой оборудования для проведения таможенной очистки.

На 01.01.2010 г. восстановлено здание основного технологического корпуса, построено здание отделения фильтров и здание вагранки. Выполнены фундаменты под основное технологическое оборудование, 70 % полов, проведены питьевая вода, бытовая и ливневая канализация. Произведена перепланировка и монтаж инженерных помещений и РМЦ, смонтирована отгрузочная рампа для железнодорожного транспорта. Построены внешний газопровод, 70 % внешних электрических сетей и помещение подстанции, ведется ремонт здания административно-бытового корпуса, построены железнодорожные пути от станции "Фабрика 6" до перегона станция "Фабрика 6" — станция "Центральная", закончено строительство внешней линии связи оптического волокна, использование которой

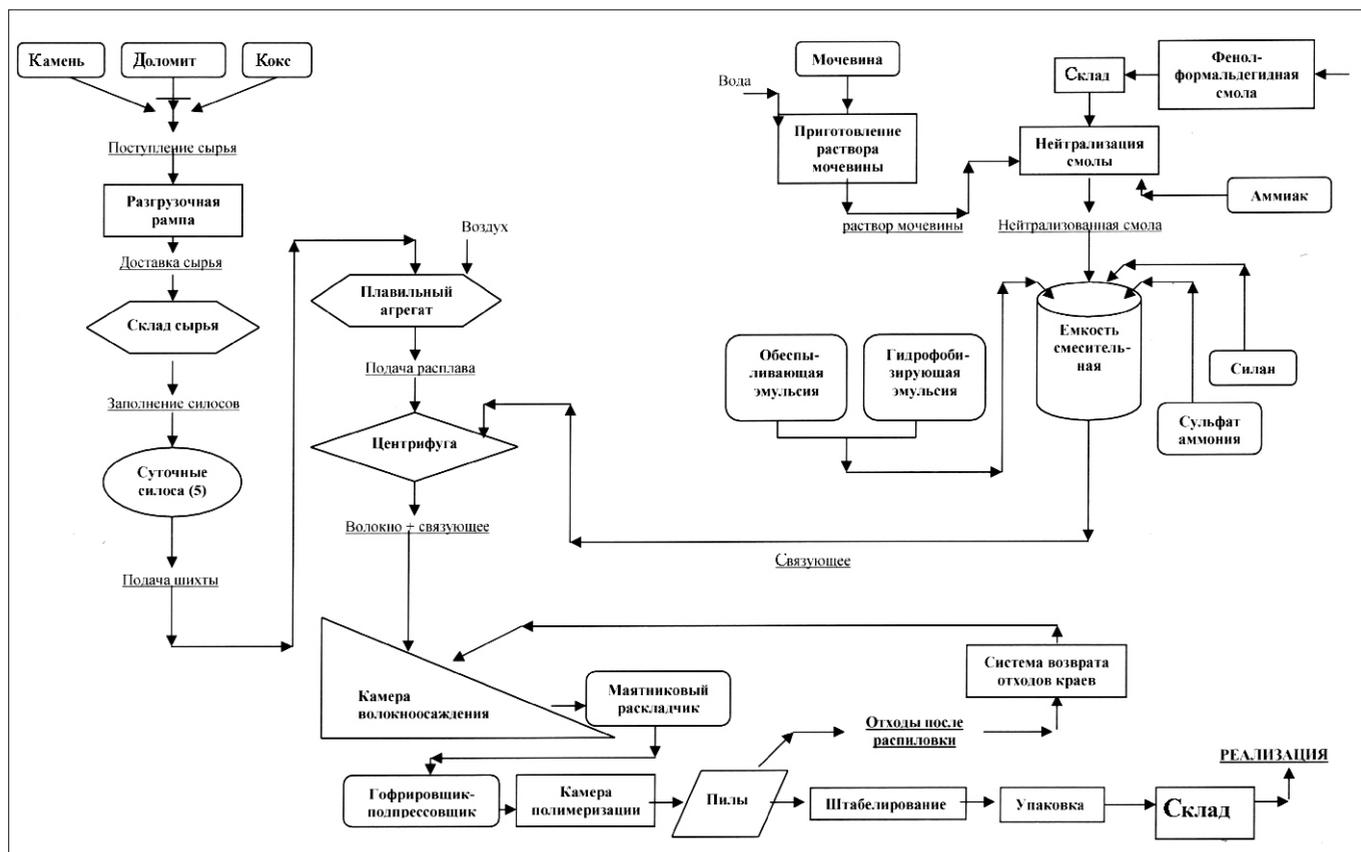


Рис. 1. Блок-схема процесса получения теплоизоляционных плит из минеральной ваты на синтетическом связующем

значительно повысит возможности и качество связи для всего комбината.

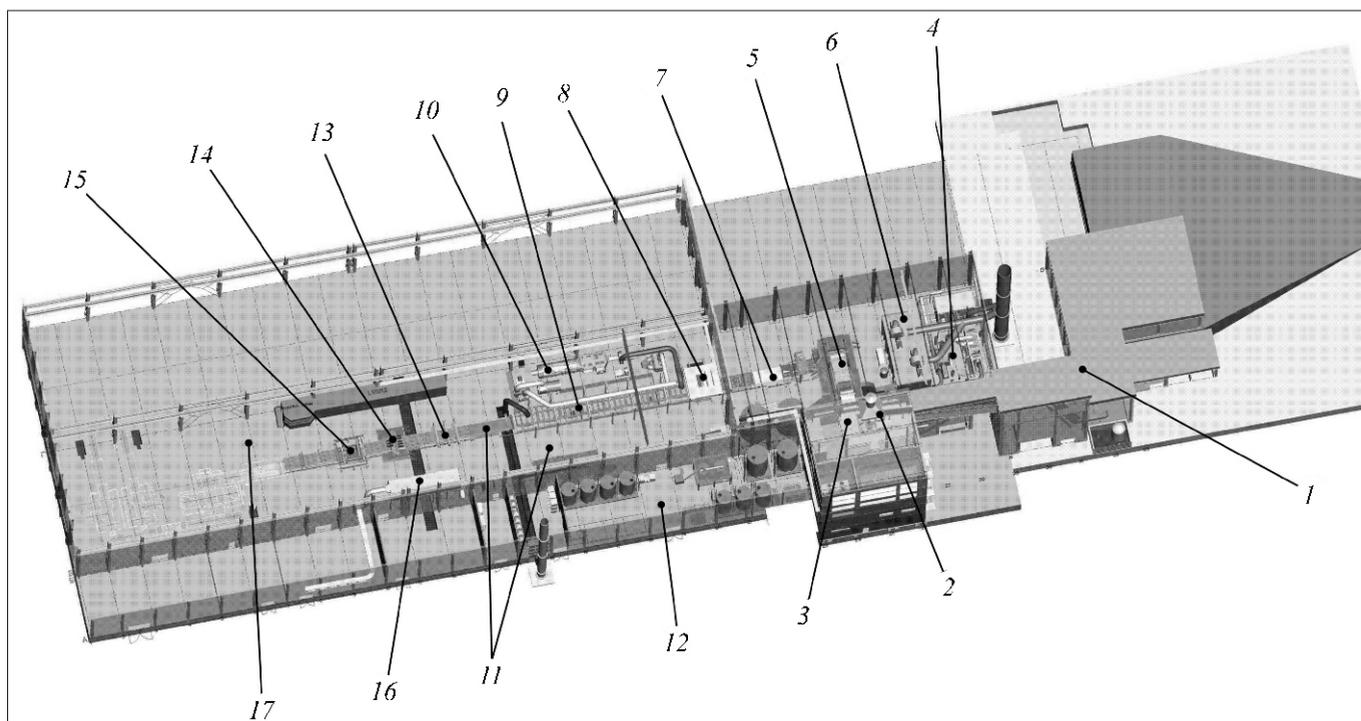
Смонтировано 50 % основного технологического оборудования (камера волоконосаждения, камера полимеризации, фильтры и оборудование дожига газов, частично – вагранка).

Технологический процесс получения теплоизоляционных плит из минеральной ваты на синтетическом связующем материале представлен на рис. 1 и 2.

Технологический процесс заключается в следующем. Сырье доставляется на завод железнодорожным транспортом, выгружается в углубленную рампу. При помощи фронтального погрузчика транспортируется на склад. Откуда доставляется в суточные силоса (5 шт.). Предварительно разрабатывается рецептура шихты (порция сырья). Через дозирующе-взвешивающие блоки шихта транспортируется наверх плавильного агрегата (вагранки).

Вагранка – шахтный агрегат противоточного типа, в котором в качестве топлива используется литейный кокс, обладающий достаточной пористостью и прочностью. Кусковая шихта, медленно опускаясь, омывается восходящим пото-

ком раскаленных газов до получения расплава. Отходящие газы подвергаются глубокой очистке и дожигу. Далее расплав вытекает из летки и попадает на центрифугу. Центрифуга предназначена для формирования волокон из расплава и одновременного смачивания волокон связующим веществом. В качестве связующего вещества применяется фенолформальдегидная смола, модифицированная карбамидом, с введением различных добавок. Сформировавшиеся на колесах центрифуги волокна вначале при помощи воздуха отдува снимаются с колес центрифуги, и затем при помощи потока воздуха отсасывающей системы направляются на перфорированный наклонный конвейер камеры волоконосаждения, где происходит формирование первичного слоя ковра. Слой минеральной ваты продвигается вверх до принимающего конвейера перед системой качания. Система качания (маятник) укладывает слой минеральной ваты под прямым углом к направлению движения первичного слоя. Количество слоев зависит от толщины и плотности конечного изделия. Далее по транспортеру слой минеральной ваты проходит контрольные весы, где окончательно взвешивается. Далее ко-



**Рис. 2. Схема технологической линии завода теплоизоляционных материалов:**

1 – система суточных силосов; 2 – вагранка; 3 – центрифуга; 4 – устройство очистки и дожига ваграночных газов; 5 – камера волокноосаждения; 6 – система отсоса; 7 – весы; 8 – гофрировщик-подпрессовщик; 9 – камера полимеризации; 10 – система циркуляции; 11 – холодильная зона; 12 – фенольное отделение; 13 – ленточная пила (резка по толщине); 14 – продольная пила и рубка краев (резка по ширине); 15 – поперечная пила (резка по длине); 16 – фильтр; 17 – зона транспортировки и упаковки

вер проходит систему роликовых конвейеров – гофрировщик-подпрессовщик. Здесь происходит окончательное сжатие и уплотнение до нужной плотности и толщины. Гофрировщик придает волокну вертикальное направление для улучшения прочностных свойств. После прохождения гофрировщика ковер поступает в камеру полимеризации, где происходит тепловая обработка ковра горячим потоком воздуха с последующим затвердеванием связующего вещества. Отобранные газы подвергаются фильтрации и дожигу. Перед распиловкой ковер проходит зону охлаждения и поступает на резку пилами (по

толщине, ширине и длине) для получения конечных размеров плит. Плиты проходят штабелер, где происходит набор определенного количества плит для упаковки в пачки. Сформированная пачка направляется на упаковку в термоусадочную пленку. Затем происходят укладка пачек на поддоны и транспортирование их в склад готовой продукции.

Все вышеперечисленные мероприятия обеспечат несомненный запуск завода ТИМ в намеченные сроки и ОАО "Ураласбест" будет выпускать новый вид товарной продукции – минераловатные теплоизоляционные материалы.

**Ю.А. Лагунова**, д-р техн. наук, доц., УГГУ, г. Екатеринбург, **О.Ю. Контеев**, канд. техн. наук, зам. гл. инженера, ОАО "Ураласбест"

E-mail: Yu.Lagunova@mail.ru

## Диверсификационный проект "Русский магний"

*Приведена опытная технологическая схема по производству сырья для магниевого производства из серпентинита.*

**Ключевые слова:** магний, серпентинит, технологическая схема.

**Yu.A. Lagunova, O.Yu. Konteev**

## Diversification Project "Russian Magnesium"

*There are given experimental flow chart for the production of raw material for magnesium production from serpentinite.*

**Keywords:** magnesium, serpentinite, flow chart.

Проект развития ведения горных работ Баженовского месторождения определил четкую перспективу работы комбината на ближайшие 15 лет (до 2025 г.). Данный проект предусматривает работу карьеров комбината в существующих границах с постановкой бортов карьера в долговременную консервацию под крутыми углами, что обеспечивает работу комбината при минимальном коэффициенте вскрыши. Учитывая, что запасы Баженовского месторождения позволяют обеспечить работу комбината еще на длительный срок и после 2025 г., следующий этап развития горных работ будет определяться в зависимости от складывающейся ситуации на международных и внутренних рынках.

Еще в конце 1990-х гг. на комбинате задумались о диверсификации производства. Было очевидно, что единичные меры не спасут ни комбинат, ни город, требовался новый крупный проект. На ближайший период им стало магниевое производство.

За многие годы работы комбината скопились миллиарды тонн вскрышных пород и отходов обогащения серпентинитовых руд. В них содержится 22 % магния. А это чрезвычайно ценный ресурс. Магний неслучайно называют металлом будущего: его потребление в мире ежегодно увеличивается на 6...7 %, причем в самых разных отраслях. Магний идет на сплавы с алюминием (магний в 1,5 раза легче алюминия, но прочнее), которые используются в автомобильной промышленности, самолетостроении и для десульфатизации стали. Данной проблемой заинтере-

совались специалисты ОАО "Соликамский магниевый завод" во главе с генеральным директором А.А. Щелконовым. Под его руководством совместно с комбинатом были проведены необходимые исследования, разработана технология получения магния из серпентинитового сырья. Возникло предложение по строительству магниевого завода в г. Асбест. А.А. Щелконов стал руководителем проекта магниевого завода.

Инициатива асбестовцев была поддержана областным руководством. В 2002 г. губернатор Свердловской области Э.Э. Россель заявил, что "Ураласбест" имеет хорошие перспективы в данном направлении. Реализация этого проекта позволит решить проблему утилизации отходов, объем которых составляет более 4 млрд. т, а самое главное – получить конкурентоспособную продукцию для производства высококачественной стали и алюминиевых сплавов.

Был разработан проект, получивший название ОАО "Русский магний", главным акционером которого выступила швейцарская компания "Minmet". Проект предполагает, что из продуктов обогащения асбеста на новом заводе будут получать металлический магний и его сплавы, кремнеземную продукцию, а попутно – железоникелевый концентрат и сульфат натрия. Проект предусматривает строительство завода в два этапа. Символический первый камень на строительстве крупного магниевого завода в г. Асбест был заложен губернатором Э.Э. Росселем 30 октября 2007 г. Запуск предприятия запланирован на 2010 г.

Первый пусковой комплекс должен производить 23 тыс. т магния в год, а также 30 тыс. т осажденного кремнезема – белой сажи, используемой в качестве усиливающей добавки при производстве резинотехнических изделий, в первую очередь автомобильных шин. Для России этот компонент дефицитный, в настоящее время его приходится экспортировать из Германии и Франции. При переработке отходов асбестового производства можно также получать различные соединения кремния, которые используются для изготовления жидкого стекла, сорбента для сбора нефти с поверхности воды, в огнеупорной промышленности и в производстве средств пожаротушения.

Со временем такое предприятие может занять ведущее место в мире по производству этого металла. Мировой опыт строительства подобных предприятий показывает, что от начала финансирования до введения магниевого завода в эксплуатацию проходит 2–3 года. Общий объем инвестиций составит более 400 млн долл. США, а срок окупаемости проекта – девять лет.

На сегодняшний день строительство магниевого завода вступило в завершающую стадию.

На комбинате совместно с институтом "НИИпроектасбест" разработана и смонтирована опытная технологическая линия по производству сырья для магниевого производства из серпентинита. На этой линии испытываются новая технология и различное оборудование, отрабатываются режимы работы для последующего внедрения производства магния и сопутствующих продуктов в промышленных масштабах. Технологическая схема магниевого производства приведена на рис. 1.

Как было сказано выше, разработанная технология ОАО "Русский магний" предусматривает использование в качестве основного сырья отходы горно-добывающего и обогащательного производства асбеста, содержащих серпентинит:  $3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (рис. 2). Количество этих отходов на сегодняшний день оценивается в 4 млрд т и ежегодно увеличивается на 15 млн т. Этот фактор обуславливает практически неисчерпаемую дешевую ресурсную базу для производства.

Инновационность технологии базируется на разработанном и опробованном в опытном производстве сотрудниками ОАО "Русский магний" совместно с ведущими российскими институтами методе химического разложения серпентинита с разделением продуктов разложения на соли металлов и аморфный диоксид кремния. Для этого процесса разработано уникальное оборудо-

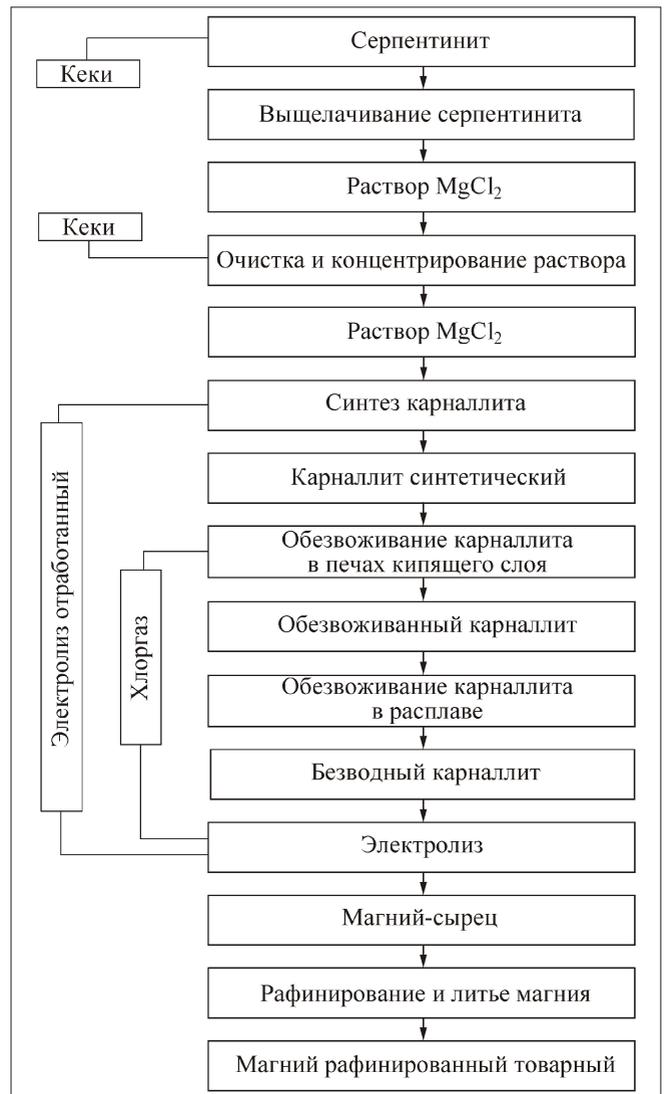


Рис. 1. Технологическая схема производства магния из серпентинита

дование – пульсационная колонна выщелачивания серпентинита. Это позволяет осуществлять комплексную безотходную переработку сырья в товарные продукты.

Основные производства, входящие в состав проектируемого завода, следующие: отделение выщелачивания серпентинита; цех производства синтетического карналлита; металлургический цех, включающий отделения обезживания карналлита, получения безводного карналлита, электролиза, рафинирования и дробления; компрессорная хлора; отделение получения водорода; отделение получения хлористого водорода; цех производства осажденного кремнезема.

Совмещение в рамках одного предприятия производства магния и производства кремние-

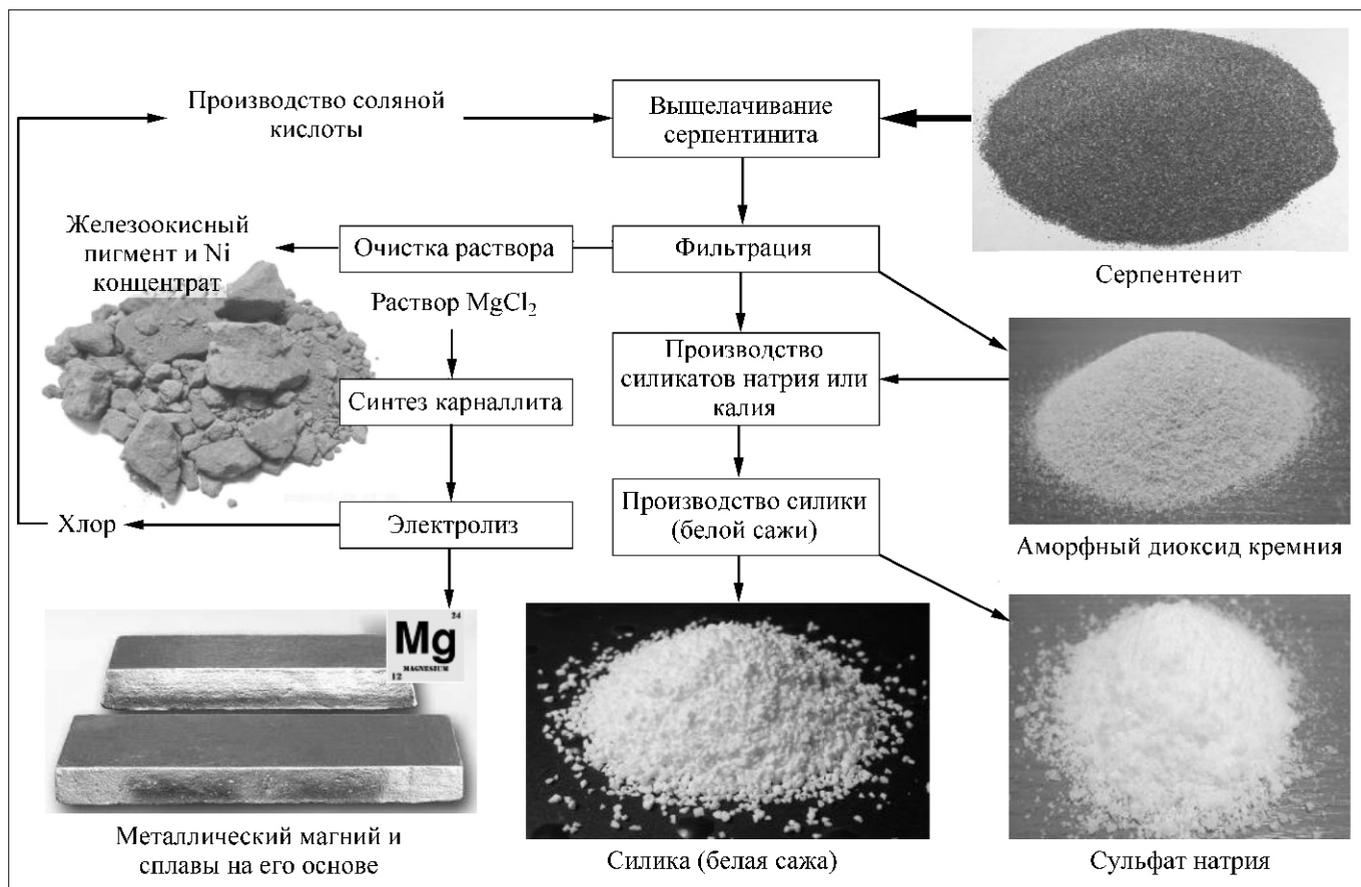


Рис. 2. Схема переработки серпентинита  $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  на первом этапе

вой продукции дает синергетический эффект, который заключается в следующем.

Одной из основных проблем производителей магния является выделяющийся в процессе электролиза хлор в количестве 2,8 т на 1 т магния. Для утилизации хлора производители магния из карналлитового сырья вынуждены тратить существенные средства.

В то же время производители поликристаллического кремния и пирогенного кремнезема вынуждены покупать хлор и осуществлять внешнюю утилизацию хлористого водорода в качестве отхода.

В рамках проекта ОАО "Русский магний" выделяющийся при электролизе магния хлор является сырьем для производства соляной кислоты, которая, в свою очередь, служит основным материалом для выщелачивания серпентинита и получения аморфного диоксида кремния (АДК) с низким содержанием как по составу, так и по количеству вредных примесей, по сравнению с природным сырьем – кварцитом.

Из АДК, в свою очередь, производится аморфный осажденный диоксид кремния с наноразмерной структурой высокой чистоты.

Технология ОАО "Русский магний" позволяет выпускать осажденный диоксид кремния с различной морфологией и размером наночастиц, в зависимости от запросов потребителей.

Второй этап проекта основан на уникальном свойстве АДК – возможности его хлорирования с получением высокочистого тетрахлорида кремния, который открывает дорогу к производству поликристаллического кремния и пирогенного диоксида кремния с наноразмерной структурой, в процессе которого образуется соляная кислота, необходимая для выщелачивания серпентинита. Источником основного материала для хлорирования АДК – хлора также является электролиз магния. Таким образом, кремниевое производство ОАО "Русский магний" обеспечено диоксидом кремния, хлором и водородом. А образующаяся в процессе производства соляная кислота используется в голове процесса – выщелачивании серпентинита.

При этом хлор находится в рециклинге:  $\text{HCl}-\text{MgCl}_2-\text{Cl}-\text{HCl}$ , а после реализации второго этапа проекта:  $\text{HCl}-\text{MgCl}_2-\text{Cl}-\text{SiCl}_4-\text{HCl}$ . Этот фактор, а также отсутствие в тетрахлориде кремния трудноотделимых примесей (бора и фосфора – по данным ИХВВ РАН) обеспечивают высокую технологическую и экономическую эффективность производства кремниевой продукции.

Реализация второго этапа производства позволит осуществлять одновременный выпуск аморфного осажденного и пирогенного диоксида кремния с наноразмерной структурой, поликристаллического кремния, а также песка кварцевого концентрата ультравысокой чистоты.

До исследований ОАО "Русский магний" в мире существовала одна технологическая схема разложения серпентинита, которая была реализована на заводе "Магнола", Канада. Эта схема предполагала разложение серпентинита соляной кислотой в реакторах периодического действия. Уровень технологических решений и конструкция реакторов позволяли получать только раствор хлористого магния, который служил сырьем для производства магния. Кремнийсодержащие материалы в процессе очистки раствора хлористого магния от примесей смешивались с гидроксидами металлов и размещались в качестве отходов на полигоне. Низкий уровень технологических решений обусловил высокую себестоимость производства магния и, в результате, остановку производства.

Проведенные многочисленные попытки в области получения тетрахлорида кремния путем хлорирования кварцита и кварцсодержащих руд не дали положительных результатов. Поэтому существующие в мире технологии производства тетрахлорида кремния подразумевают восстановление технического кремния из кварцита. Этот процесс протекает при температуре свыше 2000 °С, является очень энергоемким, требует серьезного аппаратного обеспечения. Для ведения технологического процесса существует постоянная необходимость в приобретении газообразного хлора и внешней утилизации хлористого водорода в качестве отхода производства, выброся в атмосферу оксидов углерода. Производство же высококачественного осажденного кремнезема по существующим технологиям зависит от высокочистого природного кварцита. Процесс получения силикат глыбы протекает при температуре 1600...1800 °С, а получения жидкого стекла при температуре порядка 200 °С и высоком

давлении в автоклавах. Это обуславливает зависимость существующей технологии от природных факторов, серьезного аппаратного обеспечения и высокую ее энергоемкость.

Что касается производства магния, стоит отметить, что его производство в РФ осуществляется только в Пермском крае на ОАО "Соликамский магниевый завод", г. Соликамск, и ОАО "Корпорация "ВСМПО-АВИСМА", г. Березники. При этом ОАО "Соликамский магниевый завод" и ОАО "Корпорация "ВСМПО-АВИСМА" являются самыми старыми в мире производителями магния: 30-х и 50-х гг. пуска в эксплуатацию прошлого века.

Производимый этими предприятиями магний используется в двух направлениях:

в качестве реагента для производства титана на ОАО "Корпорация "ВСМПО-АВИСМА";

в качестве товарного продукта для использования в иных отраслях.

Сырьем для производства магния является карналлит Верхнекамского месторождения.

В середине 2007 г. произошло затопление рудника в г. Березники, обеспечивающего карналлитом ОАО "Корпорация "ВСМПО-АВИСМА". По официальному сообщению ОАО "Уралкалий" "В октябре 2006 г. в рудник БКПРУ-1 стали поступать рассолы. В течение 10 дней "Уралкалий" предпринимал попытки спасти рудник, но в связи с увеличением притока рассолов был вынужден их прекратить. Государственная техническая комиссия, созданная приказом главы Ростехнадзора РФ для исследования причин и обстоятельств аварии, определила, что ее причиной стали не технические нарушения и не человеческий фактор, а природная аномалия в строении Верхнекамского месторождения. Обстоятельства аварии были квалифицированы как "чрезвычайные и непредотвратимые".

Это обстоятельство привело к следующему:

обеспечение карналлитом предприятий осуществляется из одного рудника в г. Соликамске, т.е. оба предприятия зависят от одного сырьевого источника;

мощность рудника не способна обеспечить полную загрузку двух предприятий.

обогащительная фабрика ОАО "Корпорация "ВСМПО-АВИСМА" и жилой микрорайон г. Березники оказались над подтопленным шахтном полем. Жилой микрорайон по этой причине был отселен.

Оставшийся в г. Соликамск рудник является старейшим не только в РФ, но и в мире – его пуск в эксплуатацию состоялся в 1930-х гг., гео-

логически рудник относится к солевым и при этом находится под водоносными слоями.

В п. 2.5.5. Ежеквартального отчета за IV кв. 2008 г. ОАО "Сильвинит" отмечено: "Деятельность эмитента, как и деятельность других горно-добывающих компаний подвержена риску и опасностям, связанным с разведкой, разработкой и добычей полезных ископаемых, и может привести к имущественному и другим ущербам. К числу опасных факторов при ведении эмитентом горных работ относится вероятность затопления рудников. С такой проблемой столкнулись Mosaic ULC, Cleveland Potash UK, ОАО "Уралкалий". Последствия событий, связанных с риском такого рода, могут привести к приостановлению добычи, увеличению себестоимости добычи, причинению вреда здоровью людей и имуществу эмитента".

Это обстоятельство создает объективные риски существования единственного рудника, где добывается карналлит в г. Соликамск (Соликамское калийное рудоуправление № 1 ОАО "Сильвинит").

Таким образом, помимо уже сложившейся недозагрузки предприятий сырьем для производства магния, на сегодняшний день существуют вполне объективные и очевидные риски, связанные с производством отечественного магния.

В то же время реализуемый ОАО "Русский магний" проект соответствует основным направлениям инвестиционной деятельности Внешэкономбанка, а именно:

проект основан на не имеющих аналогов в мире технологиях, разработанных отечественными специалистами, и защищен рядом патентов. Проект направлен на реализацию требований президента и правительства по модернизации экономики и развитию инноваций;

реализация проекта направлена на повышение эффективности использования природных ресурсов, охрану окружающей среды и улучшение экологической обстановки, а также на повышение энергоэффективности. В частности, в качестве основного сырья используются комплексно перерабатываемые отходы горно-обогательного производства асбеста, минуя недропользование, "бич" производителей магния из

карналлита – хлор не утилизируется во вне, а используется в рециклинге как один из основных материалов для выщелачивания серпентинита в голове процесса; разработанная ОАО "Русский магний" технология производства продукции на основе кремния гораздо менее энергоемка по сравнению с имеющимися в мире технологиями, действие предусмотренной проектом электростанции основано на принципе когенерации, т.е. производства как электроэнергии, так и тепловой энергии для технологии одновременно, что повышает коэффициент полезного использования топлива в два и более раз.

Интеллектуальная собственность ОАО "Русский магний" защищена патентами:

1. Патент № 2340686 / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2007 / "Устройство для выщелачивания полезных компонентов из твердого материала агрессивным растворителем".

2. Патент № 66225 / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2007 / "Устройство для выщелачивания агрессивным растворителем".

3. Патент № 2318888 с приложением к патенту / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2006 / "Способ извлечения магния из природных кремнийсодержащих материалов".

4. Патент № 2290457 / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2005 / "Способ комплексной переработки силикатов магния".

5. Патент № 2285665 / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2005 / "Способ получения жидкого стекла".

6. Патент № 2314997 с приложением к патенту / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2006 / "Способ получения жидкого стекла".

7. Патент № 2294895 / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2005 / "Способ получения карналлита".

8. Патент № 63362 / ОАО "Русский магний" (Россия) / 2007 / "Ошиновка электролизера для получения магния".

#### Список литературы

1. Гладких С.И., Килин А.П., Старостин А.П. Ураласбест на перекрестке веков и стихий. Асбест: ОАО "Ураласбест", 2009. 144 с.

УДК 622.232

А.И. Афанасьев, проф., В.Я. Потапов, доц., УГГУ, г. Екатеринбург

## Факторы, определяющие математическую модель движения куска горной массы во фрикционном сепараторе

---

*Процесс разделения горной массы во фрикционном сепараторе зависит от нескольких случайных факторов – коэффициентов трения и восстановления, начальной скорости и скорости движения на различных этапах.*

*Для описания процесса сепарации необходимо знать влияние каждого из них на эффективность разделения. Установлено, что на скорость движения горной массы сопротивление воздуха не оказывает существенного влияния.*

**Ключевые слова:** математическая модель, коэффициенты трения и восстановления, фрикционный сепаратор, асбест, уголь.

A.I. Afanasyev, V.Ya. Potapov

## Factors Determine the Mathematical Model of Cuts Rock Mass Frictional Separators

---

*The separation process of the rock mass in the sliding separator depends on several random factors – the coefficient of friction and recovery, the initial velocity and speed at various stages. To describe the process of separation is necessary to know the impact of each on the efficiency of separation.*

*To describe the process of separation is necessary to know the impact of each on the efficiency of separation. Found that the rate of movement of the rock mass air resistance has no significant effect.*

**Keywords:** a mathematical model, the coefficients of friction and recovery, friction separator, asbestos, coal.

Одним из путей повышения эффективности процесса обогащения полезных ископаемых является совершенствование обогатительных аппаратов. В настоящее время известно несколько конструкций фрикционных сепараторов. Наиболее простым из них является пассивный полочный сепаратор, состоящий из разгонной плоскости и установленных ниже ее полок, выполненных из уголка. Проведенные в 1990-х гг. испытания по обогащению асбестовой руды показали его потенциальную работоспособность. Однако до настоящего времени его рациональные параметры не определены, так как нет математической модели процесса сепарации. Процесс разделения в этом сепараторе (движение кусков горной массы по плоскости, полет и удары о полки) является случайным, так как коэффициенты мгновенного трения и движения являются случайными величинами. Исследования, направленные на разработку математической модели процесса фрикционной сепарации, являются актуальными. Для получения модели следует определить факторы, оказывающие существенное влияние.

Как показали испытания, проведенные с асбестовой рудой, процесс разделения начинается на разгонной плоскости. На рис. 1 приведены гистограммы распределения асбеста и пустой породы после их падения с разгонной плоскости. На горизонтальной оси обозначены номера ящиков, установленных под классификатором.

На рисунке видно, что значительная часть полезного ископаемого попадает в "хвосты". Это можно объяснить тем, что частицы пустой породы имеют меньший коэффициент трения по сравнению с асбестовыми частицами и догоняют их. Породные частицы ударяют асбестовые, увеличивают их скорость и падают вместе с ними в одну емкость.

На рис. 2 приведены гистограммы распределения асбеста и пустой породы после их падения с разгонной плоскости с трамплином.

Результаты этого эксперимента показывают, что данный аппарат позволяет уменьшить вынос асбеста в "хвосты" (т.е. попадания асбеста в ящик

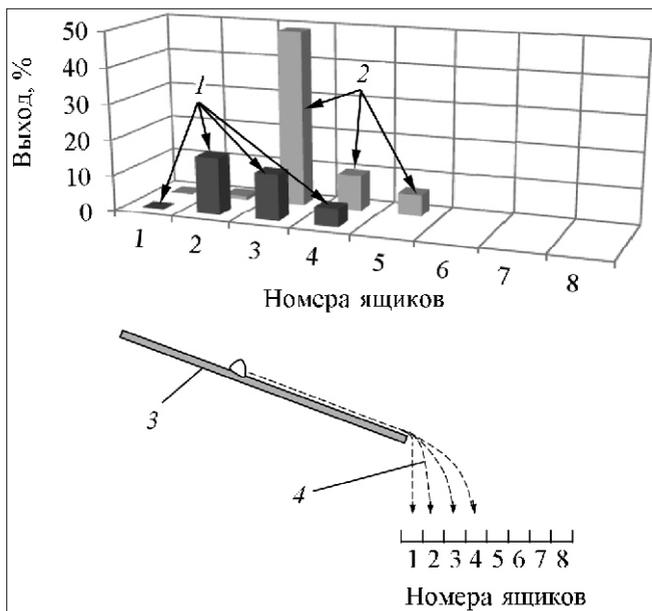


Рис. 1. Распределение продуктов при разделении на плоскости без трамплина:

1 – асбест; 2 – порода; 3 – сепаратор; 4 – траектории падения асбеста в ящики

№ 5), но не исключает существенного разубоживания концентрата.

В связи с этим было предложено для повышения эффективности разделения использовать неоднократное воздействие плоскости на процесс движения частиц горной породы и различие их не только в коэффициентах трения, но и в коэффициентах восстановления.

После схода частицы горной породы с плоскости она совершает свободный полет. При составлении уравнения движения частицы на этом этапе обычно учитывают силу тяжести (движущую силу) и силу сопротивления движению (давление воздуха), которая пропорциональна квадрату относительной скорости, размерам и коэффициенту, учитывающему ее форму. Такой подход оправдан для описания траектории частиц, движущихся в газовой среде со скоростями, близкими к скорости витания. Как показали предварительные исследования, использовать известную методику [1] для расчета скорости и траектории движения частиц практически невозможно, так как она дает относительно большую ошибку. Поэтому нами разработана методика с компьютерным моделированием движения частиц горных пород и асбеста, в частности.

Известно, что скорость витания распушенного асбеста имеет наименьшее значение из всех частиц, составляющих продукт разделения – асбестовую руду. В полочном сепараторе высота

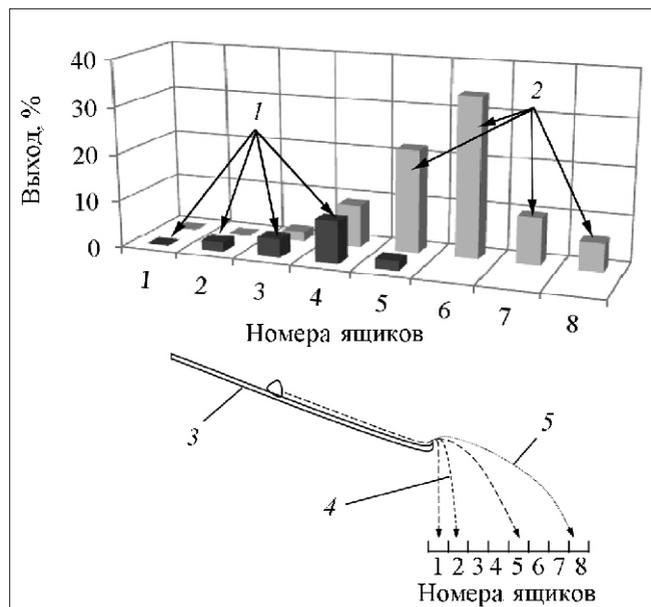


Рис. 2. Распределение продуктов при разделении на плоскости с трамплином:

1 – асбест; 2 – порода; 3 – сепаратор; 4 – траектории падения асбеста в ящики; 5 – траектории падения пустой породы

падения частиц не превышает 0,6 м, поэтому их максимальная скорость перед ударом о полку не может превышать 3,5 м/с. Эта скорость существенно меньше скорости витания распушенных частиц асбеста. Поэтому была поставлена задача определения степени влияния воздушного сопротивления на траекторию и скорость движения частиц горной породы. Для решения поставленной задачи был проведен эксперимент с частицами породы, имеющими различную форму (кубовидную, лещадную, пластинчатую и распушенный асбест) и плотность от 1,0 до 7,8 т/м<sup>3</sup> (уголь, асбест, медно-цинковая руда, кварцит, марганцевая руда, стальной шар). Следует отметить, что условная плотность распушенного асбеста (отношение массы к объему – произведению трех размеров куска) была в несколько раз меньше 1 т/м<sup>3</sup>. При проведении эксперимента на цифровую камеру фиксировался процесс полета частиц, которые одновременно сбрасывались с одной плоскости. На рис. 3 и 4 показан момент прохождения частицами угля, медно-цинковой руды и стального шара отметки – 600 мм.

На рисунках видно, что скорости всех частиц на этой отметке практически не различаются. На других отметках эта картина не изменялась. Таким образом, при расчете траектории полета частицы, сопротивление воздуха можно не учитывать, что существенно упрощает алгоритм про-

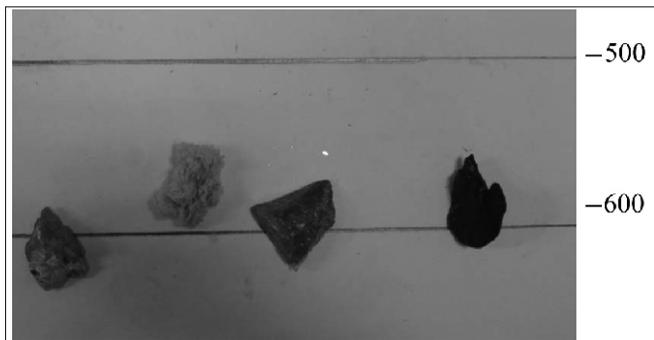


Рис. 3. Момент полета частиц горной породы на отметке 600 мм (слева направо: халькопирит, асбест, лигатура (Mo, Al), уголь)

цесса разделения в полочном сепараторе. В общем виде последовательность разделения заключается в следующем.

1. Определяем скорость и координаты в момент встречи частицы с наклонной плоскостью.

При падении частиц на полку (наклонную плоскость) возможно два исхода: первый – центральный удар, при котором частица отражается без вращения; второй – нецентральный, при котором частица отражается с вращением. Дальность отскока частицы при центральном ударе больше, чем при нецентральном. Следует отметить, что на дальность полета частицы при нецентральном ударе влияет направление вращения. Для определения вероятности каждого из исходов были проведены серии опытов. В результате экспериментов было установлено, что при падении куска горной породы неправильной формы (кроме лещадных) практически все частицы отражались с вращением.

2. Определяем скорость частицы и ее траекторию движения после удара. Вектор скорости частицы раскладываем на две составляющих:

а)  $v_k = v(1 - \mu) \cos \alpha$  – касательная составляющая;

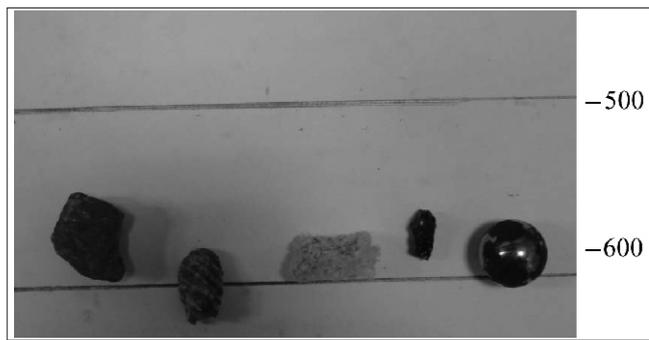


Рис. 4. Момент полета частиц горной породы на отметке 600 мм (слева направо: халькопирит, кварц, асбест, уголь, стальной шар)

б)  $v_k = v k \sin \alpha$  – нормальная составляющая скорости, которая в результате отскока меняет направление на противоположное,

где  $v$  – скорость частицы в момент удара;

$\mu$  – коэффициент мгновенного трения;

$\alpha$  – угол между вектором скорости в точке встречи и плоскостью;

$k$  – коэффициент восстановления.

3. Проводим проверку условия падения частицы на следующую полку (точка встречи), и если оно выполняется, то повторяем п. 2. Если условие встречи не выполняется, то процесс сепарации прекращается.

4. После выхода частицы из зоны сепарации определяем координаты падения ее в определенную приемную емкость.

Таким образом, определив статистические характеристики коэффициентов трения и восстановления частиц горной породы, составив уравнения их движения, можно, используя ПЭВМ, смоделировать процесс сепарации.

#### Список литературы

1. Олевский В.А. Кинематика грохотов. Ч. I и II. Л.–М.: ГНТИ, 1941. 156 с.

УДК 378.14

**Н.Е. Куклин**, директор по персоналу, ОАО "Ураласбест", **Ю.А. Лагунова**, д-р техн. наук, доц., **В.С. Шестаков**, канд. техн. наук, доц., УГГУ, г. Екатеринбург

### Сотрудничество Уральского государственного горного университета и ОАО "Ураласбест" в области подготовки специалистов

---

*Освещены вопросы подготовки квалифицированных конструкторских кадров для современного машиностроительного производства. Отражены основные особенности и подходы к изучению специальных дисциплин в Уральском государственном горном университете. Опыт организации учебных и производственных практик.*

**Ключевые слова:** образовательные услуги, действующие модели машин, учебный гидравлический стенд-тренажер, конструкторский пакет APM WinMachine, пакет SolidWorks, олимпиады, практика.

**N.E. Kuklin, Yu.A. Lagunova, V.S. Shestakov**

### Cooperation Urals State Mining University and JSC "Uralasbest" in Training

---

*Highlights the issues of training are qualified personnel for the design of modern mechanical engineering. It's reflected the main features and the study of special disciplines in the Ural State Mining University. The experience of the organization is educational and industrial practice.*

**Keywords:** educational services, working models of machines, educational hydraulic simulation stand, engineering package APM WinMachine, package SolidWorks, olympics, practice.

В ОАО "Ураласбест" вопросам подготовки кадров уделяется пристальное внимание. Лучшие выпускники направляются на обучение в ведущие вузы. Одним из таких базовых университетов уже длительное время является Уральский государственный горный университет (УГГУ, г. Екатеринбург). Практически на всех инженерных должностях работают выпускники горного университета. Для подготовки по целевым программам оформлен Генеральный договор, в котором предусмотрено индивидуальное обучение для условий комбината "Ураласбест".

Подготовку инженеров-механиков проводит выпускающая кафедра горных машин и комплексов (ГМК). В индивидуальных занятиях с направленниками комбината предлагаются следующие дополнительные учебные программы, отвечающие требованиям подготовки современных инженерно-технических кадров:

1. Оптимизация рабочих процессов основного технологического оборудования горных предприятий.

2. Разработка новых конструктивных схем горных машин, обеспечивающих минимальные энергозатраты.

3. Проектирование и эксплуатация гидравлических машин, гидроприводов и гидропневмоавтоматики.

4. Применение модулей APM WinMachine при проектировании.

5. Компьютерное конструирование.

6. Управление эксплуатационными характеристиками и ресурсом изделий машиностроения, сборочных единиц, машины в целом, металлообрабатывающего и горного инструмента, технологической оснастки и приспособлений.

7. Смазочные системы и основные этапы их проектирования на стенде-тренажере.

Предлагаемые учебные программы подкреплены соответствующей материальной и лабораторной базами. Обучение проводится на действующих моделях шагающих и карьерных экскаваторов, буровых машин, погрузочных, проходческих и проходческо-очистных комбайнов, ус-

тановленных в лаборатории и моделирующих реальные условия эксплуатации, что позволяет сотрудникам кафедры совместно со студентами исследовать рабочие процессы этих машин и выработать рекомендации по оптимизации параметров.

Действующие модели дробильно-размольного оборудования лаборатории кафедры предназначены для исследования свойства дробимости различных горных пород и выработки рекомендаций по улучшению качества продуктов дробления установленных на горных предприятиях дробилок, определения рациональных режимов работы дробильно-размольного оборудования.

Учебные стенды-тренажеры (см. 4-ю стр. обложки) способствуют усвоению общих и специальных знаний в области эксплуатации систем гидропривода и гидроавтоматики (ГП и ГПА), выработки навыков чтения и разработки схем гидравлических систем, выбора гидрооборудования для новых машин; применения компьютера для анализа и синтеза элементов и систем гидроавтоматики. Кроме того, стенды позволяют изучить смазочные системы и основные этапы их проектирования.

Объем материала, указанного в любой учебной программе, не может быть изложен в том количестве лекций, которое предусмотрено типовым учебным планом дисциплин, поэтому программа может быть выполнена лишь при полном использовании времени, отведенного на самостоятельную работу.

Для того чтобы научить студентов работать самостоятельно, необходима четкая организация этой работы. Правильная организация самостоятельной работы студентов невозможна без соответствующего методического обеспечения. Поэтому разработана комплексная учебная документация, состоящая из методических пособий для выполнения индивидуальных домашних заданий и методических указаний к лабораторным работам. Комплексные пособия включают в себя выписку из стандарта дисциплины, конспект лекций, вопросы для контроля знаний в виде тестов, примеры решения типовых задач.

Особо подчеркнем важность своевременного контроля выполнения индивидуальных работ. Это приучает студента к систематической работе в течение семестра, формирует такие качества, как дисциплинированность, настойчивость, обязательность и др. Поэтому очень важны индивидуальные консультации, ведь именно такие консультации позволяют решить противоречия между фронтальным преподаванием дисциплин

и индивидуальным характером усвоения материала студентом, между теоретическими знаниями и умением применять их на практике.

В последние годы изменились требования к выпускникам механических специальностей нашего университета со стороны потребителей. Предприятия в обязательном порядке требуют от выпускников свободного владения навыками работы на ЭВМ. Это вызвано тем, что во всех конструкторских отделах проектирование осуществляется только на ЭВМ в специализированных конструкторских пакетах. На многих горных предприятиях в отделах главного механика также применяются такие пакеты.

Исходя из запросов предприятий кафедрой ГМК включено в учебные планы изучение студентами систем AutoCad, SolidWorks, Компас, АРМ WinMachine.

Рассмотрим подробно возможности данных систем при обучении студентов, магистрантов и аспирантов в современных условиях.

AutoCad – это программа для получения в основном традиционных "плоских" чертежей. Этот пакет широко используется на предприятиях, но обладает таким существенным недостатком, как отсутствие возможности быстрого изменения проектов при изменении каких-либо размеров входящих в изделие объектов. Изменение размеров элементов на чертеже связано с необходимостью редактирования каждого отрезка, каждой дуги, окружности и т.д.

SolidWorks и Компас относятся к классу параметрических трехмерных систем объемного моделирования. В отличие от AutoCAD, в SolidWorks и Компасе первичным является создание деталей, из деталей формируются сборочные единицы и затем сборка всего проектируемого объекта. Сборочные и рабочие чертежи автоматически выполняются для созданных деталей и сборок. SolidWorks и Компас позволяют при создании деталей возвращаться на ранние этапы процесса проектирования, вносить изменения в форму детали или ее размеры, устранять возможные ошибки.

Работа в SolidWorks и Компасе заключается в задании принципа построения детали. Размеры и взаимосвязи между элементами (касательность, параллельность, концентричность и др.) приобретают здесь особое значение, они являются исходными данными для точного построения. Наличие параметричности позволяет использовать размеры для управления габаритами и формой детали, поэтому чрезвычайно важным ока-

зывается правильное задание размеров (не численных значений, а их привязка к элементам детали).

Под моделью твердого тела понимается реальная трехмерная модель, обладающая плотностью и массой. Модель можно вращать на экране так же, как в руках. Ее можно измерить и получить о ней всю информацию.

На первых занятиях студенты учатся построению *деталей*. Деталь состоит из простых элементов, которые получаются путем перемещения эскиза на заданное расстояние или его поворота на заданный угол. Эскиз представляет собой замкнутую плоскую или объемную фигуру. Например, эскиз в виде прямоугольника с расположенными внутри отверстиями при перемещении на расстояние обеспечивает получение основания с отверстиями. При повороте прямоугольника относительно оси будет получен цилиндр или втулка.

Идея создания детали заключается в следующих действиях:

- деталь разбивается на элементы;
- определяется последовательность построения элементов;
- для первого элемента строится эскиз;
- эскиз первого элемента перемещается на заданное расстояние или поворачивается на заданный угол для получения элемента;
- выделяется одна из поверхностей созданного элемента или создается дополнительная плоскость и строится эскиз для второго элемента;
- эскиз второго элемента перемещается на заданное расстояние или поворачивается на заданный угол для получения второго элемента;
- этапы выделения поверхности, построения эскиза и его смещения повторяются для всех элементов детали.

Вторым этапом обучения при объемном проектировании является создание сборок, компонентов из ранее созданных деталей. Для указания расположения одной детали относительно другой указываются элементы деталей и их взаимосвязь, например, выделяются в деталях окружности и указывается их концентричность. Это обеспечивает расположение деталей вдоль одной оси, проходящей через центры окружностей. При работе со сборками можно создавать массивы.

На третьем этапе проводится обучение оформлению *чертежей*, получаемых автоматически по разработанным деталям и сборкам. Чертежи обладают двунаправленной ассоциативностью с 3D моделями. Это означает, что при

изменении размера в детали автоматически изменяется чертеж и, наоборот, при изменении размера в чертеже изменяется деталь. Благодаря этому размеры модели всегда соответствуют размерам на чертеже.

Одновременно с проектированием проводится обучение расчетам напряженно-деформированного состояния создаваемого объекта. Для этого SolidWorks имеет встроенный модуль прочностного анализа CosmosXpress. В модуле можно определить, как конструкция воспринимает нагрузки при работе, увидеть распределение напряжений, деформации и принять соответствующие конструкторские решения на основе полученных результатов анализа.

В SolidWorks реализованы возможности "физической динамики". В процессе выбора линейного или вращающегося двигателя можно выполнить имитацию работы создаваемого механизма. Этот инструмент позволяет осуществлять кинематический и предварительный динамический анализ работы механизма.

Обучение проектированию в SolidWorks обеспечивает развитие у студентов направлений творчества – в процессе создания деталей и сборок студенты обдумывают возможности улучшения создаваемого объекта. Процесс создания деталей и сборок аналогичен реальному процессу, поэтому студенты обучаются элементам анализа – может ли быть создана деталь, собран проектируемый узел.

Для обучения современным методикам расчета на кафедре используется APM WinMachine – это система автоматизированного расчета и проектирования машин, механизмов и конструкций. Российская разработка для специалистов, занятых конструированием механического оборудования, по большинству параметров не имеет мировых аналогов, в нее вошли модули расчета прочности, жесткости и устойчивости механических систем, реализованные методом конечных элементов. С ее помощью можно получать рациональные геометрические размеры элементов машин и строительных конструкций.

APM WinMachine включает программы расчета:

- энергетических и кинематических параметров, динамических характеристик;
- прочности, жесткости, устойчивости, выносливости, надежности и износостойкости.

С ее помощью можно выполнить расчеты и проектирование:

- резьбовых, сварных, заклепочных соединений элементов конструкций и соединений деталей вращения;
- зубчатых, червячных, ременных, цепных и винтовых передач;
- подшипников качения и скольжения;
- валов и осей;
- кулачковых и рычажных механизмов производственной структуры;
- приводов вращательного движения произвольной структуры;
- упругих элементов машин (пружин сжатия, растяжения и кручения, плоских пружин, тарельчатых пружин и торсионов);
- конструкций: балочных; стержневых произвольного вида; ферменных плоских и пространственных; трехмерных рамных; оболочечных.

АРМ позволяет выполнить проверочные и проектировочные расчеты. Обучение овладению навыками работы в указанных системах на кафедре выполняется следующим образом. На лекционных занятиях излагается идея работы в соответствующей системе с демонстрацией примеров на компьютере через проектор. На практических занятиях выдаются индивидуальные задания с постепенным наращиванием их сложности. Подобная практика дает хорошие результаты, студенты овладевают навыками работы и при выполнении дипломных проектов самостоятельно применяют полученные знания.

Отметим, что кафедра обладает собственным компьютерным классом и имеет 14 рабочих мест для работы в конструкторском пакете АРМ WinMachine и 20 рабочих мест для работы в пакете SolidWorks, что позволяет студентам получить навыки использования конструкторских пакетов объемного проектирования горного оборудования.

Команда студентов наших специальностей два года подряд занимала призовые места на Всероссийских олимпиадах "Проектирование

металлоконструкций" и "Проектирование гидропривода".

Сотрудничеству кафедры и комбината уже почти полвека: с 1964 г. на базе комбината "Ураласбест" кафедра ГМК организует учебную горно-технологическую практику студентов-механиков после первого курса.

Программа практики предусматривает:

- ознакомление студентов с горным и машиностроительными предприятиями, с их организационной структурой, с системой разработки полезного ископаемого и процессом его обогащения, применяемой горной техникой;

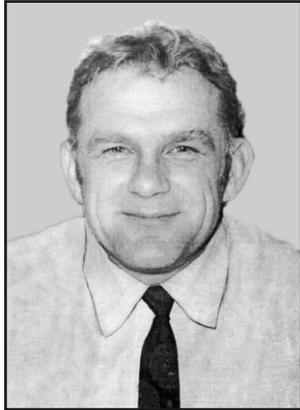
- изучение условий эксплуатации машин и оборудования, их устройство и принцип действия;

- получение рабочих профессий "Слесарь по ремонту горного оборудования" для специальности "Горные машины и оборудование" и "Слесарь по ремонту бурового оборудования" для специальности "Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов".

Занятия по приобретению навыков рабочих профессий проводят специалисты учебного комбината ОАО "Ураласбест", практические основы рабочих профессий студенты получают в ремонтных мастерских на карьере под чутким руководством мастеров-наставников, являющихся специалистами комбината.

Такая практика позволяет студенту получить знания по используемому на горных предприятиях оборудованию, что является весьма ценным для последующего обучения. Полученные удостоверения рабочей профессии позволяют студентам в будущем на производственных практиках устраиваться на рабочие места.

Именно такие специалисты в области проектирования горной техники нужны современным машиностроительным производствам.



## Вспоминая Л.С. Скобелева

Лев Сергеевич Скобелев родился 27 августа 1930 г. в г. Москве в семье служащего.

В 1941 г. во время Великой Отечественной войны был эвакуирован в г. Свердловск, где в 1948 г. окончил среднюю школу и поступил в Уральский политехнический институт.

В 1953 г., закончив с отличием Уральский политехнический институт (кафедра "Подъемно-транспортные машины"), получил диплом и был направлен работать на Уральский завод тяжелого машиностроения в отдел главного конструктора горного и доменного машиностроения (ОГК ГМ).

С 1958 по 1961 г. работал в конструкторском отделе Ижорского завода г. Колпино, помогая осваивать производство тяжелого карьерного экскаватора ЭКГ-8И.

С 1961 по 1973 г. Л.С. Скобелев руководил конструкторской группой ОГК ГМ.

С 1973 по 1984 г. он был начальником конструкторского бюро ОГК ГМ, а с 1984 по 1988 г. — заведующим конструкторским отделом гидравлических экскаваторов.

Л.С. Скобелев участвовал в проектировании экскаваторов ЭКГ-4,6; ЭКГ-4,6А; ЭКГ-5; ЭШ-15.90; ЭШ-15.90А; ЭШ-25.100, принимал участие в разработке технического проекта ЭШ-80.100. Под его руководством разработаны рабочие проекты крупнейших в стране гидравлических экскаваторов ЭГ-12А, ЭГ-20. В конструкциях этих экскаваторов заложено много оригинальных технических решений, защищенных 46 авторскими свидетельствами.

Лев Сергеевич неоднократно командировался на предприятия, эксплуатирующие машины с маркой УЗТМ, для решения вопросов конструирования, монтажа и эксплуатации машин.

Л.С. Скобелев принимал участие в работе зарубежных выставок-ярмарок. Так, в 1968 г. он был участником Международной ярмарки в г. Лейпциге в качестве

специалиста-стендиста по обслуживанию действующей модели шагающего драглайна ЭШ-15.90А. В 1969 г. был участником ярмарок в г. Брно (Чехословакия) и в г. Познань (Польша) в качестве стендиста по шагающим и карьерным экскаваторам. В 1977 г. был во Франции для согласования технических вопросов создания гидравлических экскаваторов.

В 1974 г. Л.С. Скобелев получил ученую степень кандидата технических наук, защитив диссертацию при Свердловском горном институте им. Вахрушева (ныне Уральский государственный горный университет). Автор свыше 25 научных публикаций.

Награжден юбилейной медалью "За доблестный труд" в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина.

С 1990 по 1993 г. работал в Свердловском горном институте им. В.В. Вахрушева (ныне УГГУ) в должности ведущего научного сотрудника.

Помимо конструкторской мудрости Лев Сергеевич обладал многими позитивными человеческими качествами. Он был строг, если это было необходимо, а также добр и широк во всех остальных случаях. Созданный им коллектив был дружной командой единомышленников, крупные и не очень крупные праздники отмечались совместно, и все без исключения были "освящены" присутствием первого руководителя. Все новое, что появлялось на кульманах, непременно просматривалось Л.С. Скобелевым, были споры, были мнения, но чаще звучало фирменное: "Европей культуриш!" как высшее одобрение сделанного.

В 2010 г. сотрудниками кафедры ГМК УГГУ была выпущена книга очерков-воспоминаний "Лев Сергеевич Скобелев — конструктор гидравлического экскаватора Уралмашзавода", в которой приведены биографические сведения о Льве Сергеевиче Скобелеве, воспоминания сотрудников Уралмашзавода, кафедры ГМК, его друзей и родственников.

**Светлая память о прекрасном человеке и специалисте будет долго жить в сердцах его коллег и друзей.**

*Уральский государственный горный университет, кафедра "Горные машины и комплексы".*

ООО "Издательство "Новые технологии", 107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Дизайнер *Т.Н. Погорелова*. Технический редактор *Т.И. Андреева*. Корректоры *Л.И. Сажина, Л.Е. Соношкина*

Сдано в набор 15.07.10 г. Подписано в печать 22.09.10 г. Формат 60 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 7,33. Заказ 646. Цена свободная.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-19854 от 15 апреля 2005 г.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика". 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15.