

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН  
ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО  
ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ  
КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И  
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ  
КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ  
ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**«ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ»**

**Разработали: ст.преп. Т.Ж. Аннакулов  
ст.преп. Б.Н. Баратов**

**ТАШКЕНТ -2017**

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 603 от 29 августа 2017 года.

**Разработали:** Т.Ж.Аннакулов – ст.преп. кафедры «Горная электромеханика» ТГТУ

Б.Н.Баратов- ст.преп. кафедры «Горная электромеханика» ТГТУ

**Рецензент:** У.Насиров- ТГТУ профессор, д.т.н.

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к использованию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2017 года).

## СОДЕРЖАНИЕ

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА.....	6
II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ.....	12
III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	15
VI. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	97
V. БАНК КЕЙСОВ.....	121
VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	141
VII. ГЛОССАРИЙ.....	142
VIII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	160

## СОДЕРЖАНИЕ

I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА.....	5
II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ.....	8
III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ.....	15
VI. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ.....	78
V. БАНК КЕЙСОВ.....	99
VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	141
VII. ГЛОССАРИЙ:.....	142
VIII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	160

# **I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

## **Введения**

Программа составлена на основе указа ПФ-4732 от 12 июня 2015 года Президентом Республики Узбекистан «О мерах улучшения системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших учебных заведений», цель которой является улучшение, переподготовка и суть процесса повышения квалификации на основе современных требований, а так же поставленная задача регулярно повышать профессиональную компетентность педагогических кадров высших учебных заведений.

Теоретические и практические материалы рабочей программы по модулю “Горные машины и комплексы” разработаны на основе международного опыта в соответствии с требованиями указа Президента Республики Узбекистан от 12 июня 2015 года № УП 4732 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших образовательный учреждений»

### **Цель и задачи учебного модуля**

**Цель и задача модуля “Горные машины и комплексы”** - сформировать у слушателя навыки мышления об современных оборудованях горной промышленности, направленного на анализ функционирования последних достижений науки и техники, научно-производственными, научными и проектными организациями, предприятий горной промышленности в целях рационального управления производством.

### **Требования, предъявляемые к знаниям, умениям, навыкам и обладать компетенциями по модулю**

В пределах задач модуля «Горные машины и комплексы» слушатель должен:

#### ***Знать:***

- о сущности основных понятий и результатов, изучаемых в дисциплине;
- о роли и значений горных машин и комплексов в горном производстве;
- систему выбора, эксплуатации и ремонта современных горных машин и комплексов;
- виды и теория эксплуатации современных горных машин и комплексов;
- об условиях эксплуатации горных машин и комплексов;

#### ***уметь:***

- расчет и проектирования горных машин для конкретных горно-геологических условий;
- выполнение практических расчетов и выбора горных машин для эксплуатации;

- проводить патентные исследования;
- составлять заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности.

***владеть навыками:***

- технико-экономическая оценка основных параметров горных машин и комплексов при эксплуатации в различных условиях;
- сравнение эксплуатационных расходов горных машин при работе в конкретных условиях горной промышленности;
- навыками практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности.

**обладать компетенциями:**

- технико-экономическая оценка основных параметров горных машин и комплексов при эксплуатации в различных условиях;
- сравнение эксплуатационных расходов горных машин при работе в конкретных условиях горной промышленности;
- навыками практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности.

**Рекомендации по проведению и организации учебного модуля**

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

– лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;

– практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов (кейс-стади, деловые игры, интервью и др.).

**Связь модуля с другими дисциплинами учебного плана**

Содержание модуля непосредственно связано с другими модулями учебного плана «Инновационные маркшейдерское обеспечения по горном деле», «Перспективный направления разработки месторождения полезных ископаемых» и «Перспективный направления обогащения полезных ископаемых». Служит для объединения учебного процесса и производства путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли.

**Роль модуля в системе высшего образования**

Происходящие коренные изменения в системе образования, особенно научно-техническое развитие определяет роль модуля “Горные машины и комплексы” в системе высшего образования.

Организация эффективного и плодотворного образования путем создания новых инновационных технологий обучения дисциплин

направления модуля “Горные машины и комплексы” и их применения в системе образования помогает системно увеличить качество образования.

### Распределение часов по модулю

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них:			Самостоятельная работа
				Теоретические	Практические	Внеаудиторное	
1.	Современные подземные проходческие и добычные машины, их роль в горной промышленности	2	2	2			
2.	Применение высокопроизводительных буровых машин для бурения взрывных скважин открытых горных работ	2	2	2			
3.	Анализ современного состояния рынка поставок карьерной техники в мире и их использование	2	2	2			
4.	Расчет, анализ и обоснование основных параметров подземных проходческих и добычных машин	2	2		2		
5.	Технологические схемы подземного транспорта шахт и рудников	2	2		2		
6.	Методы определения производительностей и основных параметров буровых машин	2	2		2		
7.	Расчет основных показателей карьерных выемочно-погрузочных машин	2	2		2		
<b>Общие</b>		<b>14</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>8</b>		

## **Содержание теоретических занятий**

### **1-тема: Современные подземные проходческие и добычные машины, их роль в горной промышленности**

История развития проходки горных выработок, тенденция развития, преимущество и недостатки, основные рабочие органы и органы погрузки, конструкции и технические показатели основных органов. Современные проходческие машины, типы, область применения, технические показатели, основные узлы, и их показатели. Современные проходческие комплексы, оборудование комплексов, основные показатели, параметры взаимосвязанных показателей, тенденция развития проходческих комплексов. Добычные машины, типы, принцип действия, рабочий орган, технические показатели, проблемы использования, расчет основных показателей.

### **2-тема: Применение высокопроизводительных буровых машин для бурения взрывных скважин открытых горных работ**

История буровых работ. Разработанные оборудования, машины для бурения и их эксплуатация. Принцип действия. Новые разработки при разработке буровых машин. Ученые и компании для разработки новых буровых машин. Типы бурения для разных условий. Буровые установки, конструкции, принцип действия, теоретические основы способов бурения. Современные буровые машины, типы, технические показатели, конструкции, принцип действия. Техничко-экономические показатели и область применения. Расчет буровых машин. Расчет расхода воздуха для бурения, выбор мощности компрессора. Использование автоматизированной системы при бурении. Принцип автоматизации для обеспечения безопасности при бурении.

### **3-тема: Анализ современного состояния рынка поставок карьерной техники в мире и их использование.**

История разработки механических оборудований для выемки породы из массива и погрузки на транспортные оборудования. Тенденция развития механических выемочно-погрузочных машин. Типы современных экскаваторов, основные части, принцип работы, технические показатели, область применения и основные эксплуатационные показатели. Типы гидравлических экскаваторов, производство и область применения. Драглайны в горных предприятиях, основные части, принцип действия и технические показатели.

## **Содержание практических занятий**

### **1-практическая занятия:**

#### **Расчет, анализ и обоснование основных параметров подземных проходческих и добычных машин**

Методика расчета теоретической, технической и эксплуатационной производительности проходческих и добычных машин подземных разработок месторождений. Анализ горно-геологических и горно-технических условий на эксплуатационные показатели машин.

### **2-практическая занятия:**

#### **Технологические схемы подземного транспорта шахт и рудников**

Транспортные системы подземных разработок. Границы использования вида транспорта. Основные показатели и условия при выборе транспортной системы. Технологические схемы транспорта по направлению грузопотоков.

### **3-практическая занятия:**

#### **Методы определения производительностей и основных параметров буровых машин**

Методика расчета основных показателей: скорость бурения, нагрузка буровой инструмент, число оборотов, частота удара, мощность вращателя, расход воздуха.

### **4-практическая занятия:**

#### **Расчет основных показателей карьерных выемочно-погрузочных машин**

Расчет теоретической, технической и эксплуатационной производительности одноковшовых механических экскаваторов. Анализ влияния горно-геологических и горно-технических условий на эксплуатационные показатели экскаваторов. Выбор типа транспорта для увеличения времени работы экскаваторов.

## **Формы обучения**

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

• Коллективная – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.

• Групповая – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.

• Индивидуальная – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

### Критерии оценки

№	Критерии оценки	Балл	Максимальный балл
1	Кейс	1,0 балла	2,5
2	Самостоятельная работа	1,0 балла	

## II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

### III.

#### Метод "Мозговой штурм"

**Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака)** – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Основная цель мозговых атак – активизация учебной деятельности, самостоятельное изучение проблемы и развитие мотивации его решения, культура общения, формирование коммуникативных навыков, избавление от инерции мышления и преодоление привычного хода мышления при решении творческой задачи.

- **Прямой коллективный мозговой штурм** – обеспечивает сбор максимального числа мнений настолько это возможно. Вся группа исследования (не более 20 человек) занимается решением одной проблемы.

- **Массовый мозговой штурм** – дает возможность резко повысить эффективность генерации идей в большой аудитории, разделенной на микрогруппы.

- В каждой группе решается один из аспектов проблемы.

#### Применения метода на занятия

1. Классификация основных горных машин для подземных работ по технологическому признаку.
2. Какие функциональные горные машины применяют для добычи угля подземным способом.
3. Механические способы разрушения горных пород.
4. Основными показатели процесса разрушения горной породы рабочим инструментом.
5. Самая эффективная форма срезов.
6. Как устанавливается радиальный резец на рабочем органе.
7. Как устанавливается тангенциальный резец на рабочем органе.
8. Место установки радиальных резцов.

## Таблица SWOT-анализа

**SWOT** – наименование происходит от начальных букв следующих английских слов:

**Strengths**– сильные стороны, предполагает наличие внутренних ресурсов;

**Weakness**– слабые стороны или наличие внутренних проблем;

**Opportunities**– возможности; наличие возможностей для развития предприятия;

**Threats**– угрозы, угрозы от внешней среды.

Как правило, успешность SWOT-анализа зависит не от предприятия, а зависит от учета результата при разработке стратегических целей и проектов в будущем. При его использовании его элементы могут быть интерпретированы следующим образом:

## Применения метода на занятия

### Проходческие машины

<b>S</b>	Сильные стороны машин	Быстрая, эффективная, качественная работа
<b>W</b>	Слабые стороны машин	Невозможна работать с крепкими породами
<b>O</b>	Опции пользования проходческих машин	Можно выполнять несколько работ одновременно
<b>T</b>	Барьеры (внешние)	Для пользования этими устройствами нужно иметь специальные навыки.

## Метод «Концептуальная таблица»

**КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ТАБЛИЦА**

Обеспечивает сравнение изучаемых явлений, понятий, взглядов, тем и пр. по двум и более аспектам.

Развивает системное мышление, умения структурировать, систематизировать информацию.

Знакомятся с правилами составления концептуальной таблицы. Определяют то, что подлежит сравнению, выделяют характеристики, по которым будет проводиться сравнение.

Индивидуально или в мини-группах строят и заполняют концептуальную таблицу

- *по вертикали* располагается то, что подлежит сравнению (взгляды, теории, ),
- *по горизонтали* – различные характеристики, по которым проводится сравнение.

Презентация результатов работы.

## Применения метода на занятия

Учащихся подразделяют на маленькие группы и дают задание. Заполнить таблицу.

Критерии сравнения	Осевой рабочий орган	Радиальный рабочий орган
Гладкость почвы		
Стабильность комбайна		
Эффективность погрузки		
Пределы эксплуатации		

Общее сравнение осевого и поперечного рабочего органа

<b>Критерии сравнения</b>	<b>Осевой рабочий орган</b>	<b>Радиальный рабочий орган</b>
Гладкость почвы	Благоприятный	Неблагоприятный
Стабильность комбайна	Неблагоприятный	Благоприятный
Эффективность погрузки	Неблагоприятный	Благоприятный
Пределы эксплуатации	Мягкие неабразивные породы (до 60-80 МПа)	Умерено абразивные, мягкие породы и породы средней крепости (до 100-120 МПа)

### III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

#### 1-тема: Современные подземные проходческие и добычные машины, их роль в горной промышленности

##### План:

1. История развития проходческих работ
2. Типы и область применения современных проходческих машин
3. Оборудование, эксплуатация и основные показатели современных проходческих комплексов
4. Типы и принцип действия подземных добычных машин

**Ключевые слова:** проходка, история развития, тенденция развития, основной рабочий орган, погрузочный орган, конструкция, технические показатели, машина, область применения, технические показатели, основной орган, проходческий комплекс, оборудование, подземные добычные машины, эксплуатация.

#### 1.1 История развития проходческих работ

##### Общие сведения

Проходческие машины были началом развития механических проходок угля в конце 1940-ых в Европе. Проходческие машины - машины частичного забоя, копающие только часть забоя сразу, и определенное число режущих инструментов находятся в контакте с забоем. Основные преимущества проходческих машин по другим подземным машинам раскопок - своя подвижность, гибкость, и селективная добывающая способность. Эти преимущества, в дополнение к общим преимуществам механических проходок, снабжают их для того, чтобы использоваться широко и иметь очень важное и уникальное положение в подземном добыче и туннельных операций, хотя они также используются в поверхностных операциях.

Типичные проходческие машины избирательного действия представляются в рисунке 1.1., оборудованный режущими инструментами и прикрепленный к стреле, который подвижен в любом направлении, копает забой. Грунт (порода) падает в перед, собирается и загружается в скребковый конвейер, расположенный в центре погрузочного органа с непрерывным нагружающим механизмом породы, таким как нагребные лапы, звездообразное колесо, роторное колесо и скребок. Цепной конвейер несет нагруженный материал через корпус проходческой машины к концевому конвейеру. От концевого конвейера материал транспортируется, на грузовые вагоны, ленточные конвейеры или шахтные автомобили.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, pages 124-125.

## Преимущества, прикладные области и области применения проходческих машин

Руда/минерал и отходы могут быть разделены в таких типах машинах, так как они - машины выборочного действия. Эта свойства машины даёт преимущества к уменьшению количества доли горной породы в полезном ископаемом и уменьшает стоимость добычи. Отдельные проходки твердых и мягких пород в смешанном забое могут уменьшить скорость проходки. Так как проходческий забой доступен и режущие инструменты могут быть осмотрены и изменены легко.

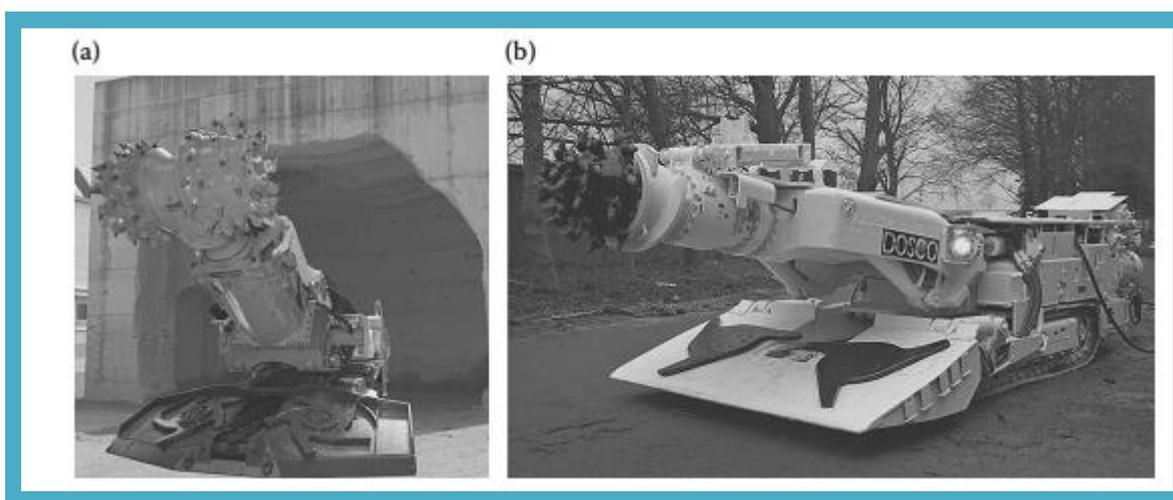


Рисунок 1.1. Радиальные и осевые типы проходческих машин избирательного действия. Машины с (а) радиальными органами избирательного действия и (b) осевыми органами избирательного действия.

Легко переместить проходческие машины от одного забоя к другому, который часто необходим, так как они обычно - установленный гусеничном ходу, и их вес ниже по сравнению с другими подземными машинами. Монтаж или демонтаж таких машин могут быть завершены за несколько дней. Так как они более маленькие и собираются на поверхностях по сравнению с другими подземными машинами, они требуют относительно более низкого начального капитала и эксплуатационных затрат.

Проходческие машины- приспособляемые машины; они могут быть приспособлены к любым формам проходки, таким как трапецеидальная, прямоугольная, круговая и любой другой форме. Эта особенность особенно важна при добычи полезных ископаемых для плоских месторождений. Они приспособляются к разным поворотам забоя и могут сделать резкие повороты целых  $90^\circ$ . Они могут работать благополучно в проходках с падением до  $15^\circ$ ; если используются

выдвижные опоры, возможность проходки с восстанием до 20-25°.<sup>2</sup>

Проходческие комбайны прежде всего ограничиваются с силой сжатия массивных камней до 100-120 МПа, в зависимости от мощности рабочего органа и веса проходческого комбайна и некоторых структурных характеристик горного массива. Если горный массив чрезвычайно "присоединён расслойками", то они могут копать камни с силой сжатия до 160 МПа (рисунок 1.2). Эти величины сжатия выбираются тщательно изучив забой, так как они не единственный параметр для того, чтобы определить крепость.

Сток воды не должен быть ни большими или низкими для эффективного использования комбайна. Однако, известно, что у воды могли бы быть отрицательные воздействия на рабочие характеристики, копая вязкие глинистые формирования. Залипание глины на рабочие органы могло бы вызвать ограничение в раскопках и требует зачистку рабочего органа (рисунок 1.3).

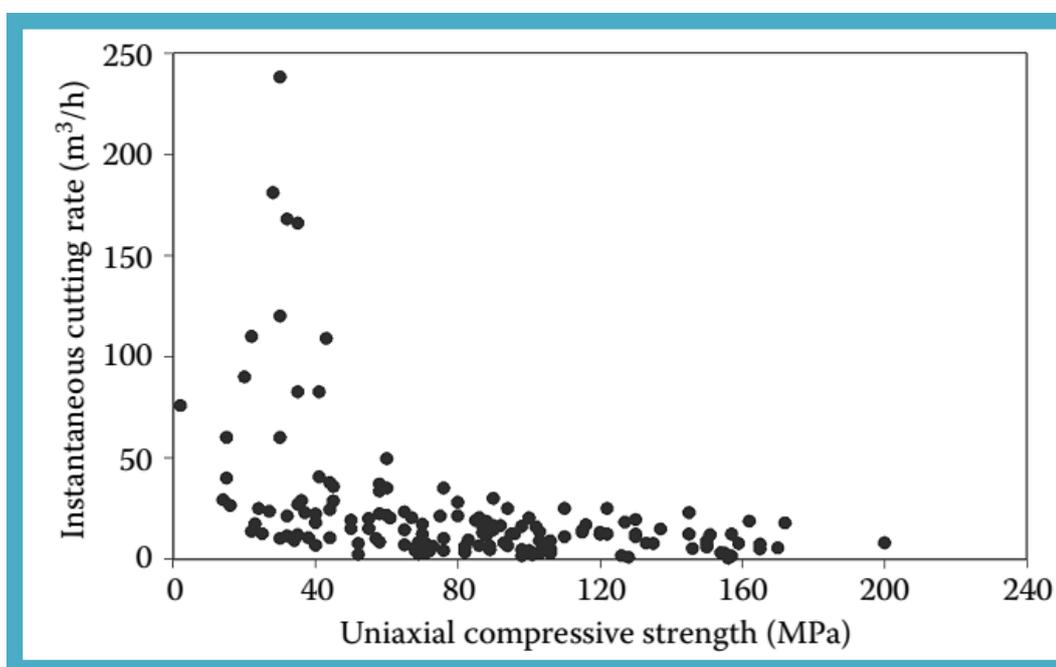


Рисунок 1.2. Связь между силой сжатия рабочего органа с производительностью для проходческих комбайнов

Проходческие машины избирательного действия не могут работать с твердыми и абразивными камнями. Они могут использоваться в местах с малыми абразивными породами. Свойственные характеристики режущих органов проходческих машин ограничены, они только используются в местах с сопротивлением на которые рассчитаны режущие инструменты. Это известный факт, если расход режущего

<sup>2</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, pages 126-127.

инструмента превышает  $0.50$  резцов/м<sup>3</sup>, поломки режущего инструмента увеличивается быстро, увеличивается сила действующие режущие инструменты. Это понижает прибыль и может увеличить себестоимость полезного ископаемого. Во многих случаях используется иной тип механизированной проходки (рисунок 1.4). Если расходы режущего инструмента между  $0,2$  и  $0,5$  резцов/м<sup>3</sup>, проектная стоимость важна. Если расход режущего инструмента ниже чем  $0.20$  резцов/м<sup>3</sup>, тогда не имеется никакой серьезной проблемы в проходке.

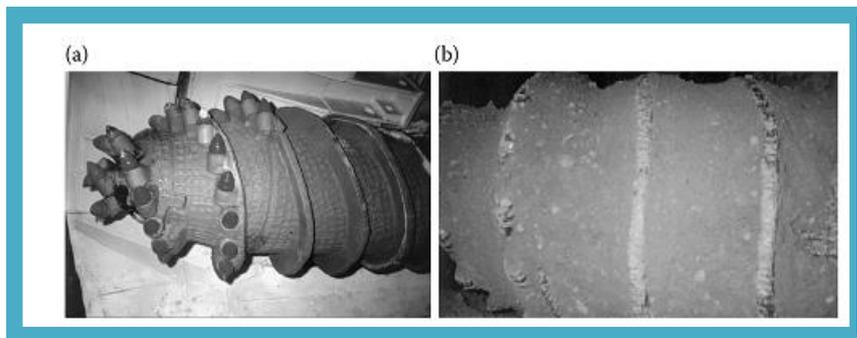


Рисунок 1.3. Чистый рабочий орган проходческой машины (a) и после застревающей глины (b).

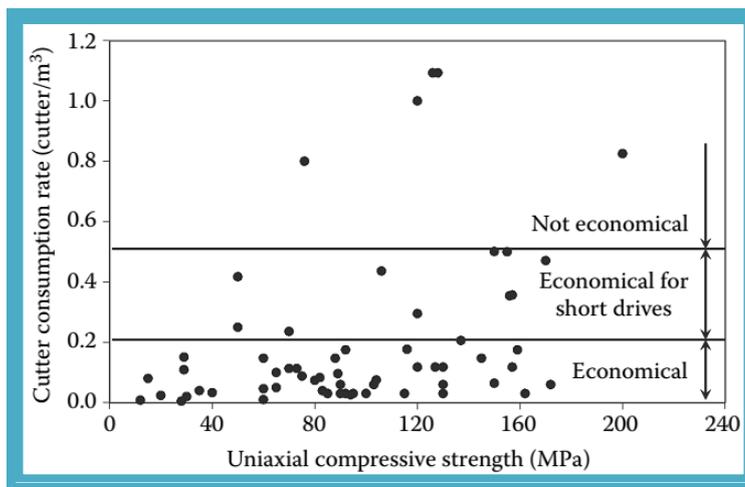


Рисунок 1.4. Связь между силой сжатия рабочего органа с расходом резцов для проходческих комбайнов.

Проходческие машины обычно используются в подземной добыче полезных ископаемых для операций по производству и разработке, особенно в углевых месторождениях. Они также используются для того, чтобы добыть металлические руды и другие индустриальные полезные ископаемые.

## Основные части и механическая структура проходческих комбайнов

Основные части проходческих комбайнов это корпус машины и ходовое оборудование (обычно гусеничный ход), телескопическая стрела и рабочий орган, погрузочный стол и погрузочное оборудование и скребковый конвейер, электродвигатели, гидросистема, каюта оператора и дополнительное оборудование, такие как струи воды для подавления пыли и целей охлаждения режущего инструмента и взрывобезопасное оборудование.

Есть вообще три типа ходовых органов, используемых с проходческими комбайнами: на гусеничном ходу, пневматическом ходу и с гидравлическими домкратами. Проходческие комбайны с гусеничным ходовым оборудованием - наиболее распространенные. Пневматические ходовые оборудования предпочитается для использования с приложениями Нового австрийского Туннельного Метода (NATM). С гидравлическими домкратами продвигаются толчком гидравлических цилиндров; они используются только с сегментальными типовыми выравниванием основаниями, так как они получают свой толчок от оснований забоя. Ходовое оборудование с гидравлическими домкратами используются для проходки мягких, слабых, влажных, или глыбистых формирований (неустойчивые камни), чтобы понизить обвал и падение (рисунок 1.5). Если это требуется, увеличение механического воздействия на забой, тогда предусматривается стабильность проходческой машины.<sup>3</sup>

Стрела проходческих машин может двигаться в любом направлении (в лево, право, вниз и по диагональ) вместе с присоединённым рабочим органом, оборудованный режущими инструментами. Двигатели рабочего органа, обычно с электрическим приводом, располагаются в на стреле. Стрела обычно передвигается гидравлическим способом. Стрела для крепких пород должна быть короче чем для мягкой пород, чтобы понизить колебания машины.

---

<sup>3</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, pages 128-129.

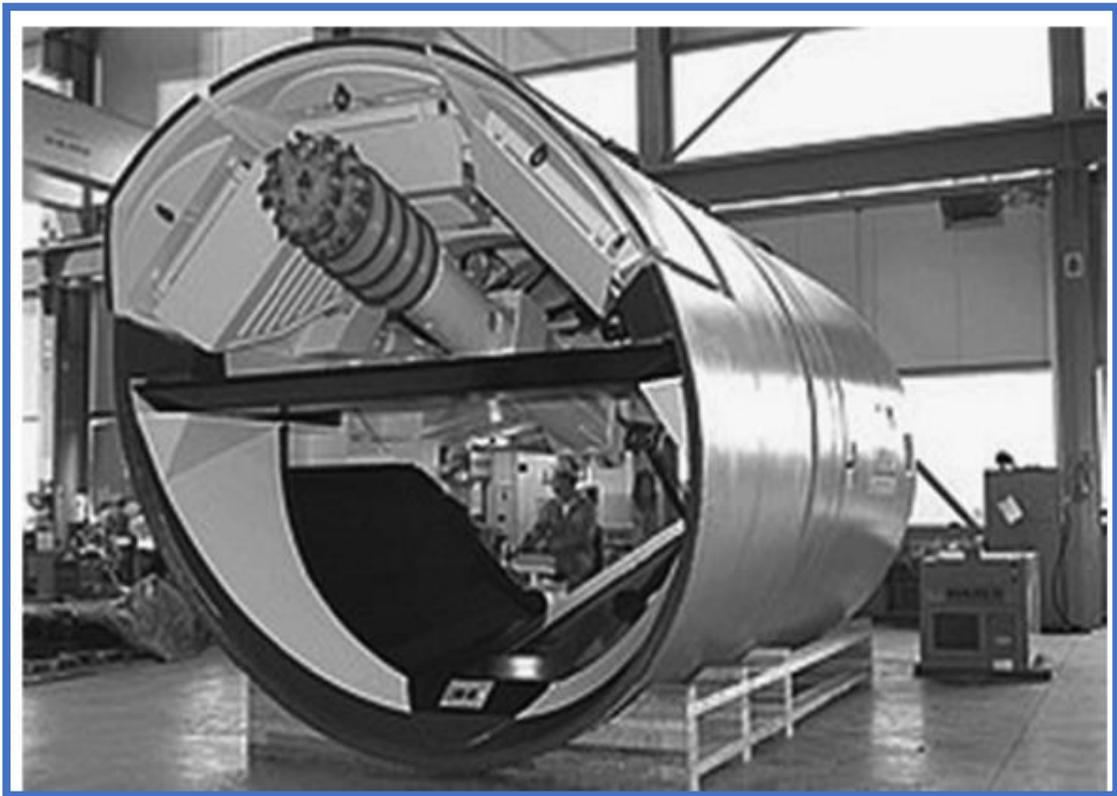


Рисунок 1.5. Шитовой проходческий комбайн (Сандвик)

У проходческих комбайнов обычно одна стрела, хотя есть комбайны с двойной стрелой (рисунок 1.6), которые используются для раскопок мягких камней/полезных ископаемых (таких как уголь, соль, поташ, трона, и т.д.) с высокими производительностями до 400-500 тонна/час. Вращение каждого рабочего органа в двойной стреле в противоположные направления, чтобы уравновесить силы, действующие на корпус машины.



Рисунок 1.6. проходческая машина с двойной стрелой.

Есть различные типы одно стреловой проходческой машины:

твёрдая (нерастяжимая) стрела, телескопическая (растяжимая) стрела, сочлененная стрела, наклонная стрела, стрела приклонённый с звездочкой (огражденная), и взаимозаменяемая (универсальная) стрела.

Преимущество использования комбайнов со стрелой телескопического типа (рисунок 1.7) чем по нерастяжимой стрелой состоит в том, что позволяет комбайну при проходке выравнивать стену проходки/туннеля, расширяя бум и не продвигая целую машину. Это понижает время хода (движения) машины, так же как увеличивает время использования машины на производительность.

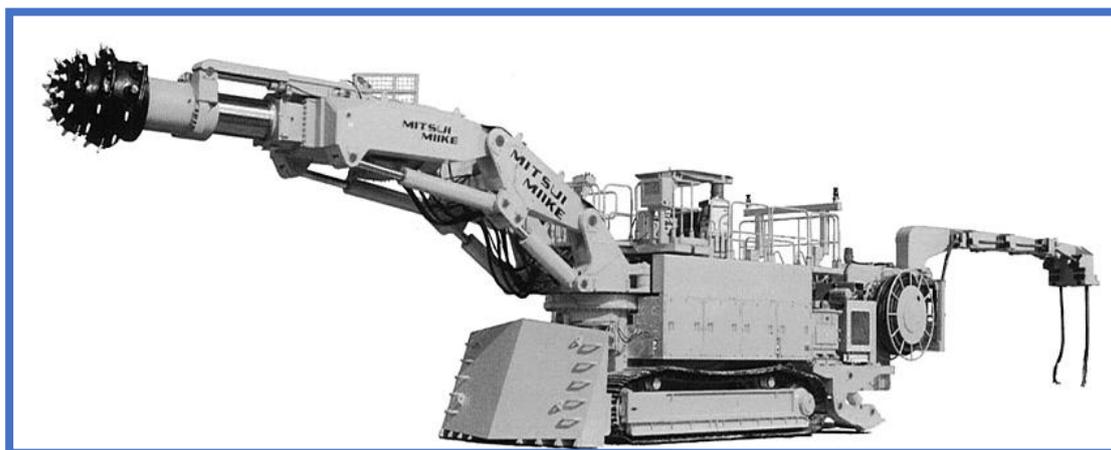


Рисунок 1.7. Телескопическая и сочлененная стрела проходческой машины.

Сочлененная стрела (рисунок 1.7) используется с Ново Австрийским туннельным методом в больших поперечных сечениях. Длинное расположение стрелы позволяет копать сначала верхние а затем более низкие части проходки в одном положении, что приводит к экономии время проходки. Они имеют преимущества обрабатывать проходки ниже уровня стоянии комбайна. Так как более длинная стрела генерирует больше импульса на машине, которая воздействует на стабильность машины, сочлененная стрела может использоваться только для раскопок мягкой породы.

Наклон стрелы (рисунок 1.8) используется с длинной осью эллипса рабочего органа проходческого комбайна, для того чтобы избежать изменение вида и параметров сечения, лучший способ искривление наклона стрелу, который даёт способность производить проходку с максимально не изменённой формой сечения.



Рисунок 1.8. Наклон стрелы проходческого комбайна.

В щитовой проходческой машине стрела присоединен к жесткому лучу, который присоединен к щиту машины (рисунок 1.5).

Взаимозаменяемая или универсальная стрела (рисунок 1.9) может быть присоединена к любому шасси комбайна. Они являются соответствующими, чтобы использовать попеременно прикреплением с различными рабочими органами к проходческой машины. Такие как рыхлитель (отбойной молоток), обратная лопата и/или буровой инструмент. Взаимозаменяемая стрела снабжена большими значениями гибкости что преимущественна для переменных геологических условиях.

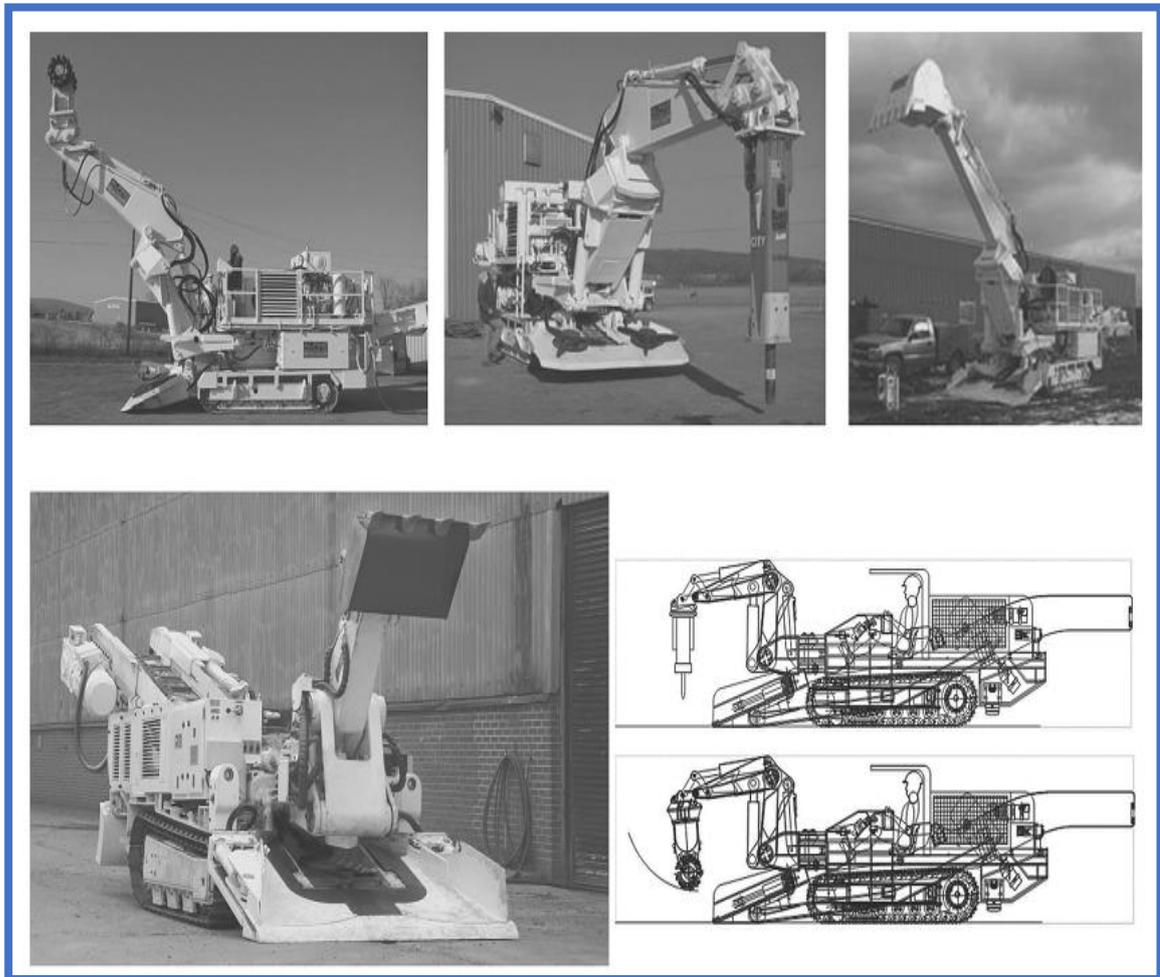


Рисунок 1.9. Взаимозаменяемая стрела проходческого комбайна.

Для очистки породы снабжается столом загрузки. Порода, падающая на стол загрузки, собирается механическим оборудованием или ковшами и складывается к скребковому конвейеру, расположенному в центре стола для загрузки. Общие типы погрузочного оборудования для различных пород представляются в рисунке 1.10. Нагрузка на погрузочный стол проходческого комбайна может быть произведена как растяжимое обеспечение большей подвижности, гибкости, и пониженного уровня от утечки породы. Порода передают с помощью скребкового конвейера на последующее транспортное оборудование.

Рабочие характеристики проходческих комбайнов очень чувствительны к работе оператора. В них автоматизирование системы управления, такие как лазерное управление выравнивания, компьютеризированное проходка и дистанционное управление кровлей. Автоматизация снабжает уменьшению ошибок оператора и увеличивает эффективность работы.

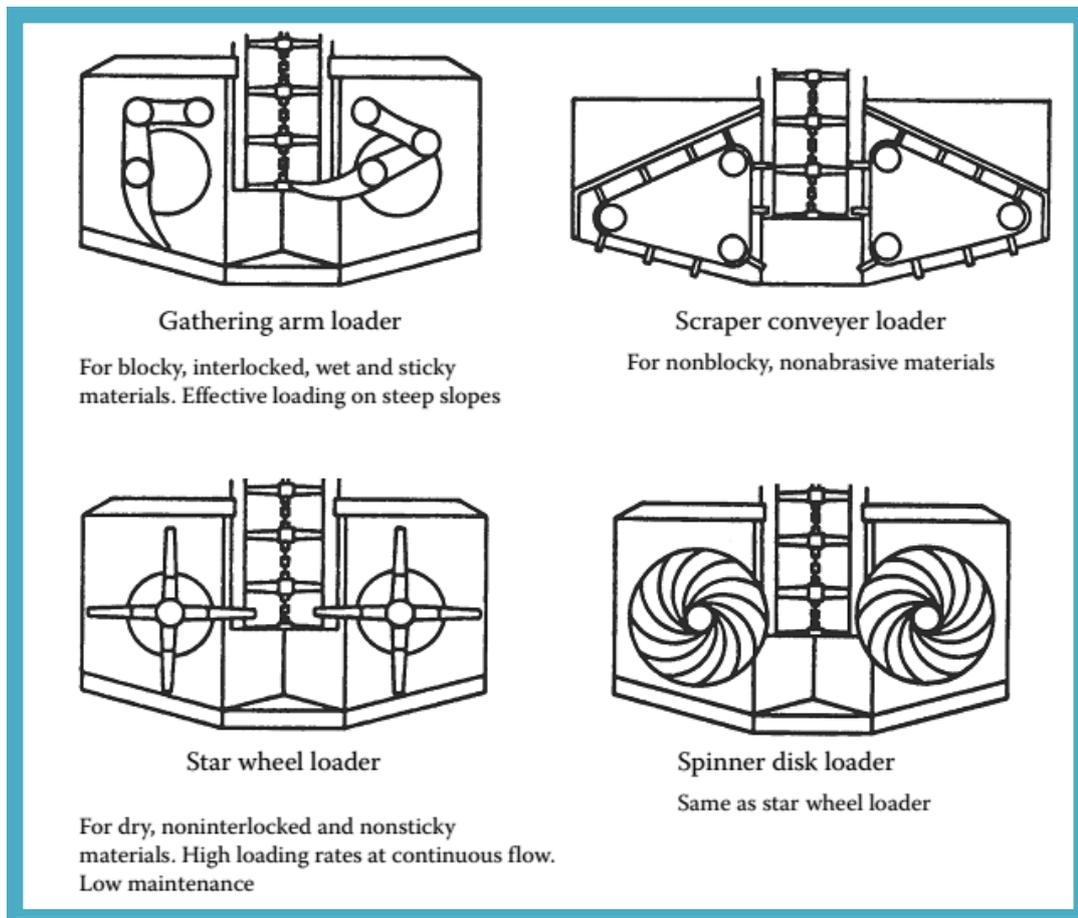


Рисунок 1.10. Общие типы погрузочного оборудования для различного типа горных пород.

### **Рабочие органы, вес и технические показатели проходческих комбайнов**

Проходческие комбайны может быть классифицируются на две группы по типу рабочих органов: осевой и радиальные. Формы рабочих органов являются цилиндрическими и коническими с носовым отсеком как полусферический или плоский. Общее сравнение осевого и радиального рабочего органа приведен в таблице 7.1.

Осевой рабочий орган состоит из одного барабана и его оси вращения - параллель к оси стрелы и перпендикулярный к забою. Направления резание стрелы перпендикулярно к оси вращения рабочего органа. Осевой рабочий орган проходческих комбайнов может копать неабразивные массивные камни, имеют нагрузку на забой до 60-80 МПа. Если условия благоприятны (то есть, раздробленный горный массив), они могут копать породу с нагрузкой до 80-100 МПа.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, pages 133-135.

Общее сравнение осевого и поперечного рабочего органа

Критерии сравнения	Осевой рабочий орган	Радиальный рабочий орган
Гладкость почвы	Благоприятный	Неблагоприятный
Стабильность комбайна	Неблагоприятный	Благоприятный
Эффективность погрузки	Неблагоприятный	Благоприятный
Пределы эксплуатации	Мягкие неабразивные породы (до 60-80 МПа)	Умерено абразивные, мягкие породы и породы средней крепости (до 100-120 МПа)

Радиальные рабочие органы состоят из двух симметрических барабанов, вращающихся вдоль оси, которая перпендикулярна к оси стрелы и параллельна к забою. При благоприятных условиях, они могут копать породы с нагрузкой до 160-180 МПа.

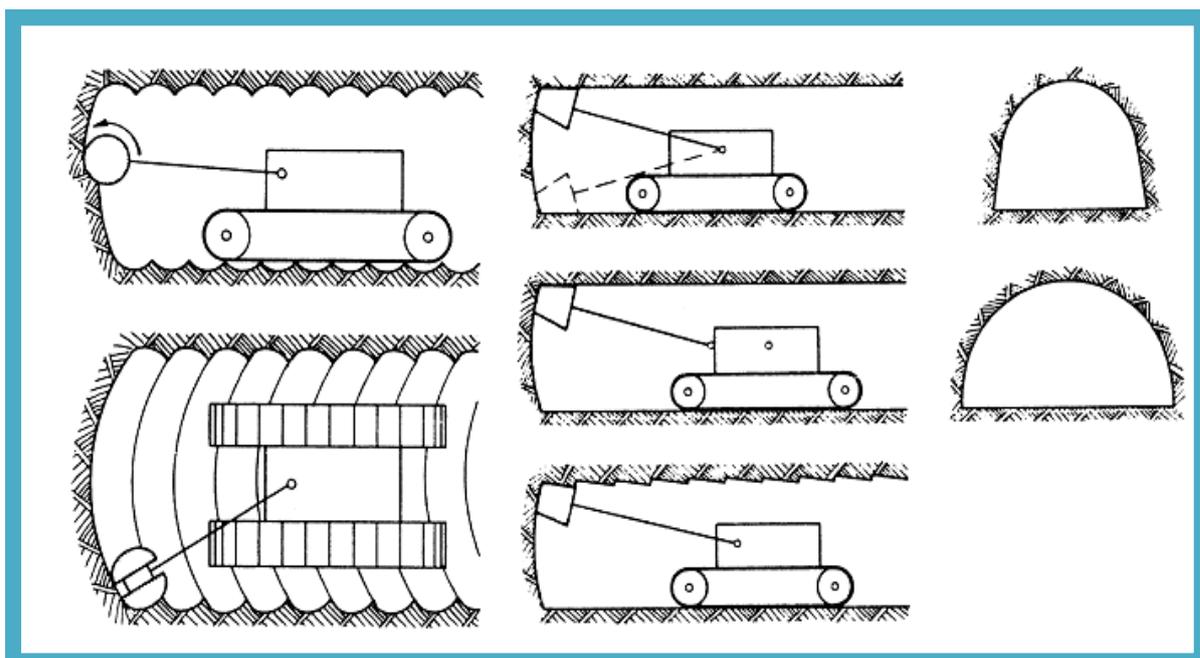


Рисунок 1.11. Проходка с помощью проходческих комбайнов с радиальным (левое) и осевым (правое) рабочим органом.

Гладкость проходки воздействует на расходы и на техподдержку. Проходка гладким способом требует меньше расхода чем при ступенчатой. Радиальный рабочий орган генерирует неравный (ступенчатый) профиль (рисунок 1.11). Однако, эта задача может быть преодолена при использовании стрелы телескопического типа или продвигая машину вперед и назад последовательно. Осевой рабочий

орган может позволить гладкое профилирование, с правильным выбором рабочего органа и угла наклона конусной части, удобный для геометрических параметров проходки (рисунок 1.11). Это понижает расходы на техподдержку.

Мощности проходческих комбайнов начинаются приблизительно с 30 - 40 кВт достигли до 400 кВт, соответственно предусматривая увеличение сечения и производительности. Весь комбайнов начиная с 8-10 тонн достиг до 135 тоннам, соответственно предусматривается стабильность и уменьшение вибрации при больших массах. Наиболее важными факторами, воздействующими на отбор веса проходческих комбайнов и мощности режущего органа для подземных работ, является размер проходки и свойства породы. Более тяжелые машины требуют больших размеров, однако, как можно при подземных проходках предпочитают маленькие размеры для уменьшение затрат. Более тяжелая машина означает меньше вибрации и большую нагрузку на забой, снабжающими более высокие производительностями. Однако, более тяжелый машины теряют свою скорость подвижность.

Таблица 1.2.

### Основные показатели проходческих машин

Тип проходческого оборудования	Масса комбайна, тонна	Мощность двигателя, кВт	Стандартные (расширенные) размеры сечение проходки, м <sup>2</sup>	Максимальные (стандартные) значения нагрузки на забой, МПа
Легкие	8-40	50-170	~ 25 (~40)	60-80 (20-40)
Средние	40-70	160-230	~30 (~60)	80-100 (40-60)
Тяжелые	70-110	250-300	~40 (~70)	100-120 (50-70)
Экстра тяжелые	>110	350-400	~45 (~80)	120-140 (80-100)

Электродвигатель, установленные на стреле, используется в большинстве проходческих комбайнах для вращения рабочего органа. Вращающий момент электродвигателя до 400 кВт передается на коническое зубчатое колесо редуктора. Коническое зубчатое колесо очень дорого по сравнению с гидравлическими передачами и очень чувствительно к ударам. Электродвигатели обычно снабжают вращение с двойной скорости. Более низкая скорость составляет приблизительно 25-35 оборотов в минуту, и более высокая скорость составляет приблизительно 50-70 оборотов в минуту, в зависимости от условий породы. Более высокие величины оборота в минуту используются в средних крепких породах и более низкие величины оборота в минуту используются в условиях крепких пород. С гидравлическим приводом двигателя можно изменить частоту вращения в многоступенчатое, которые означают, что угловая скорость может быть устроена по желанию. Они не чувствительны к ударам и более дешевы по сравнению с электродвигателями, хотя эффективность передачи меньше чем механической передачи.

## 1.2 Щитовые проходческие комбайны

### Классификация, принцип действия и эксплуатационные показатели

Проходка в условиях с крепкими породами непрерывно увеличилось начиная с 1950-ых годов, и достигая нескольких десятков метров ежедневных проходок. Однако, успех механизированной проходки основан на непрерывном усовершенствований механических комбайнов, которые изменялись несколько раз в течение многих лет. Новаторские работы, приводящие к строительству современного щитового проходческого комбайна, включают в себя основу сделанную бельгийским инженером Джозефом Мосом в 1846 для Mount Cenis Tunnel, Чарльзом Уилсоном в 1851 сделан комбайн с использованием дисковых резцов, и был запатентован Уилсоном в 1847. Этот щитовые проходческий комбайн был разработан Veimound для Chanel Tunnel, который построил фирма Wittaker в котором достиг ежедневных проходку 2.7 метров в день, в проходке более нижним горизонтам при проходке по мелу около Фолкстона. Такой прорыв щитовых комбайнов был разработан Джеймсом С. Роббинсом в 1950, достигая ежедневных проходках до 30 метров в известняке в Humber Sewer Tunnel.<sup>5</sup>

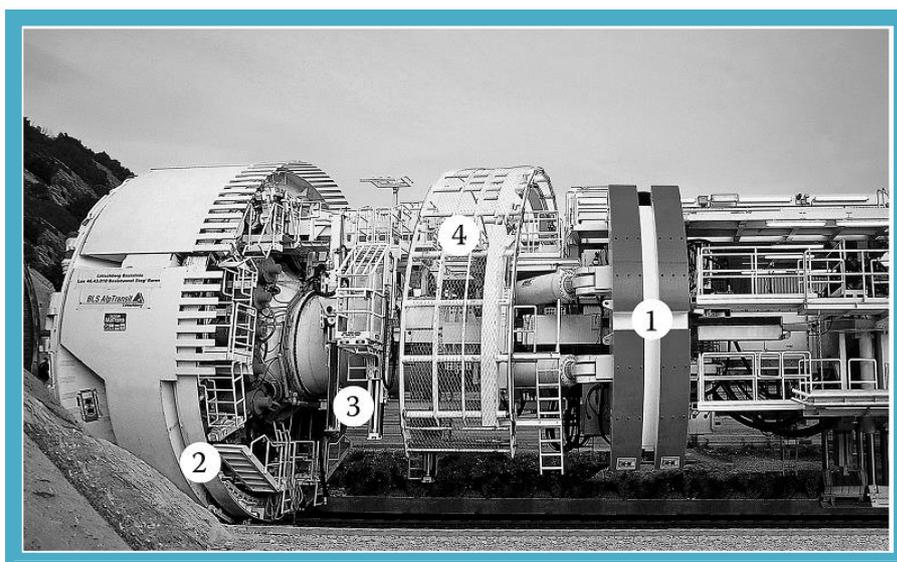


Рисунок 2.1. Общее вид открыто-типового щитового проходческого органа.

Щитовые проходческие комбайны могут быть классифицированы как открытый тип, одним щитом и двойным щитом, со вставляющим щитом открытых и закрытых режимов в некоторых особых случаях.

<sup>5</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, pages 169-170.



Рисунок 2.2. Вид забоя при проходке дисковыми резцами.

### **Открытый тип щитового проходческого комбайна**

Щитового проходческого комбайна открытого типа часто называют захватным устройством или главным пучковым щитовых комбайнов и являются главным образом соответствующими для компетентной породы или геологических формирований, имеющих небольшое количество геологических неоднородностей. Общее вид щитового проходческого комбайна открытого типа дается в рисунке 2.1, в котором рабочий орган (4) изоборудуется дисками, передающие нагрузку на забой с помощью гидравлическими цилиндрами (2). Передача давления на забой через дисковые резцы, которые создают разрывы в породе, заставляя при давлении на забой извлекать породу. Типичные представления углубки с помощью открытых дисковыми резцами показаны в рисунке 2.2. Система укрепления (1) боковых стен проходки быстро запирается на месте, тогда как цилиндры толчка простираются об нижнюю часть, позволяя движение щитовому комбайну. После завершения проходки забоя, рабочий орган останавливается и машина продвигается вперед, при стабилизации щитового комбайна с дополнительными системами поддержки. Извлеченная порода собирается посредством открытым (ковши) рабочим органом и передается на конвейерную ленту со специальными лотками, расположенными в центре рабочего органа. Ленточный конвейер переносит породу вдоль комбайна к последовательному конвейеру между комбайном и резервной областью. В конце хода тыловые ноги машины понижаются, цилиндры втягиваются, захватные устройства двигают комбайн, который позволяет повторно переместить агрегат захватного устройства для следующего цикла. Захватные устройства расширяются, тыловые ноги поднимаются, и

процесс проходки начинается.<sup>6</sup>

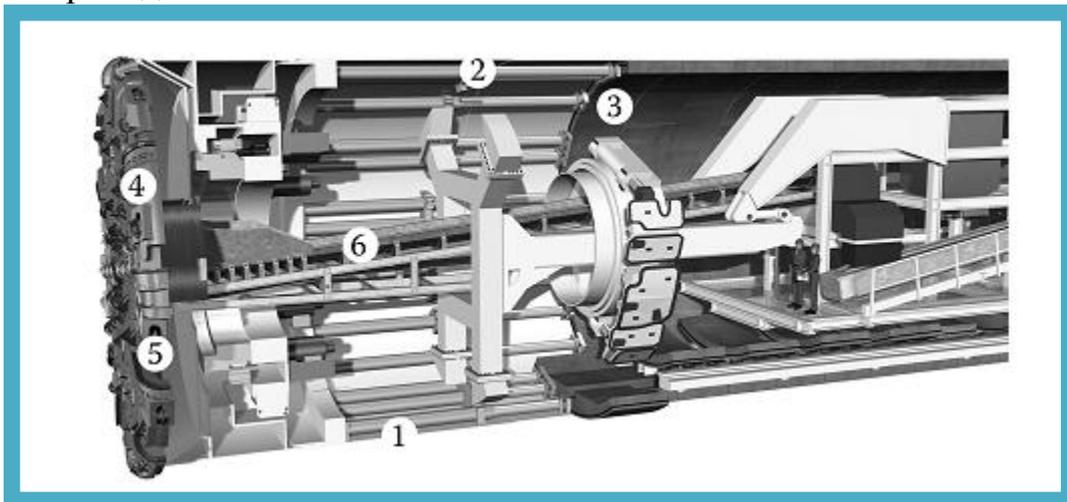


Рисунок 2.3. Общее вид однощитового проходческого комбайна.

Туннельные рабочие характеристики открытого типа щитовых комбайнов по существу зависят от времени требуемого для установки опорные системы через кольцевых установщиков (4), устройства установки секция бетонных крепей (3), ячейки для бетонных крепей, стальной арки или любого другого типа крепления.

### **Однощитный проходческий комбайн**

Однощитный проходческий комбайн используются в крепких породах, где имеется геологические неоднородности. Как замечено в рисунке 9.3, проходческий комбайн оборудуется щитом (1), чтобы предохранить персонал и машину от падения пород во время выравнивания и сегменты могут быть благополучно установлены. Комбайн опережается гидравлическим цилиндром для толчка (2) подталкивание рабочего органа (4) к забою. Передача высокого толчка проталкивает дисковые резцы с вращением, создает разрывы в забое, заставляя породы разрываться с забоем. Только выравнивание сегмента может использоваться с однощитным проходческим комбайном как основание проходки. Щит поддерживается гидравлическими цилиндрами для толчка (2) установленном (3) на последнем кольце сегменте. Корпус машины ограждается щитом, который незначительно более мал чем диаметр проходок. Режущая головка (4) оснащена дисковыми резцами свободного качения. Режущие ковши для породы (5), которые помещаются в некоторое расстояние позади дисков, загружает на конвейер раздробленные породы.

<sup>6</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, page 170.

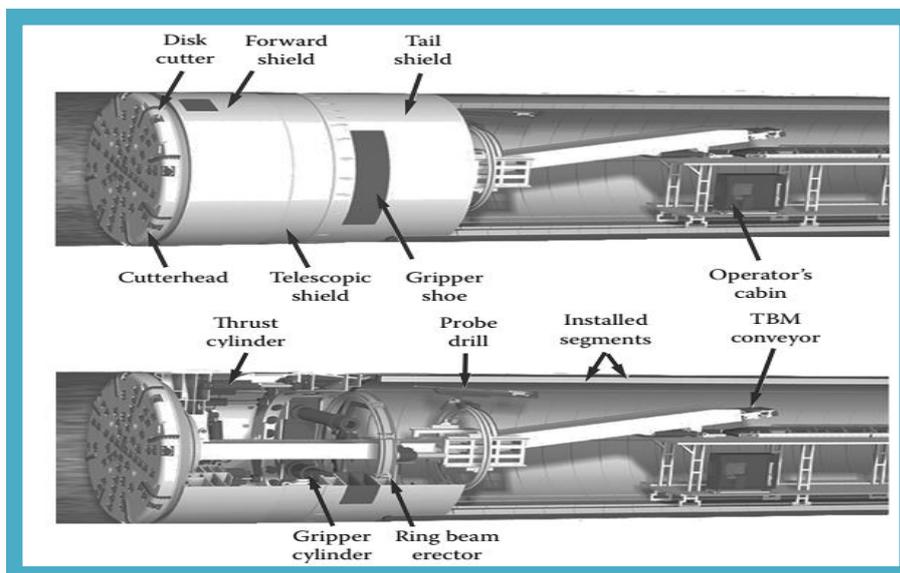


Рисунок 2.4. Общее вид двух щитного проходческого комбайна.

### **Двухщитный проходческий комбайн**

Этот тип машины используется для длинных проходок с поврежденными геологическими зонами, в условиях крепких пород.<sup>7</sup>

Рабочие органы вращаются в двойных щитовых проходческих комбайнах, состоит из щита для захвата и щита для передвижки (рисунок 9.4). В нормальном режиме работы для передвижки делается толчок, расширяются гидроцилиндры. Вращение рабочих органов дает преимущество для быстрой проходки.

### **Технические характеристики щитовых проходческих комбайнов**

При изучении, было определено что 263 проходческих комбайнов щитового типа было произведено после 1985 и диаметр проходки достиг больше чем 4 м. Есть зависимости между диаметрами и другими характеристиками различных типов проходческих машин которые приведены в следующих данных.

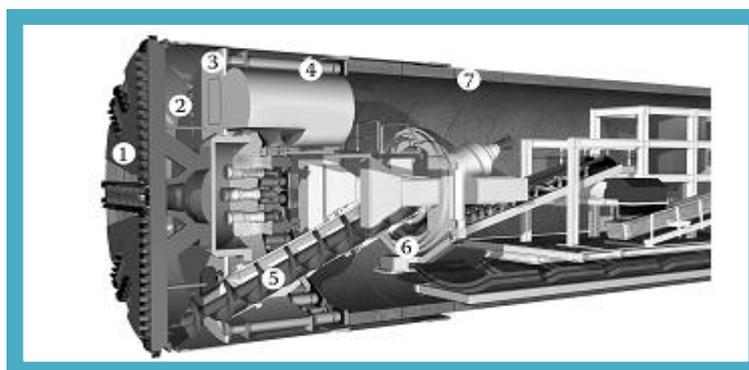


Рисунок 2.5. Общее мнение EPB TBM. (С любезностью Herrenknecht.)

<sup>7</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, page 171.

Рисунки 2.6 и 2.9 дают зависимость между диаметром, установленной силой толчка, и величинами вращающего момента рабочих органов для открыто типа щитовых проходческих комбайнов для различной прочности на сжатие породу. Пунктир для статистически выведенной зависимости, и сплошные линии для теоретически выведенных зависимостей.

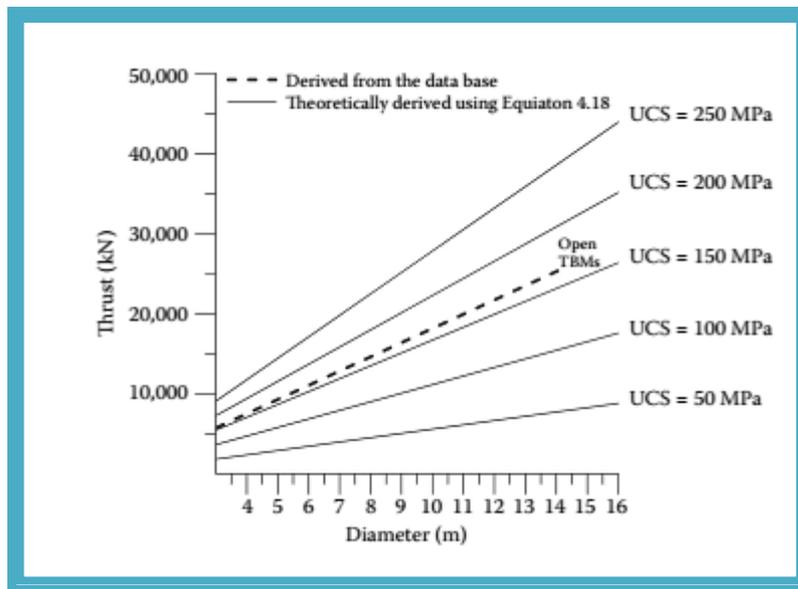


Рисунок 2.6. Зависимость между диаметром и толчком для открытого типа щитовых проходческих комбайнов для различной прочности на сжатие камня.

Зависимости между диаметрами, установленным толчком, и величинами вращающего момента для однощитного и двухщитного проходческого комбайна даются в рисунках 2.7 и 2.10 с возможностью вычислить величины силы толчка в уплотняющем состоянии грунта.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, pages 174-175.

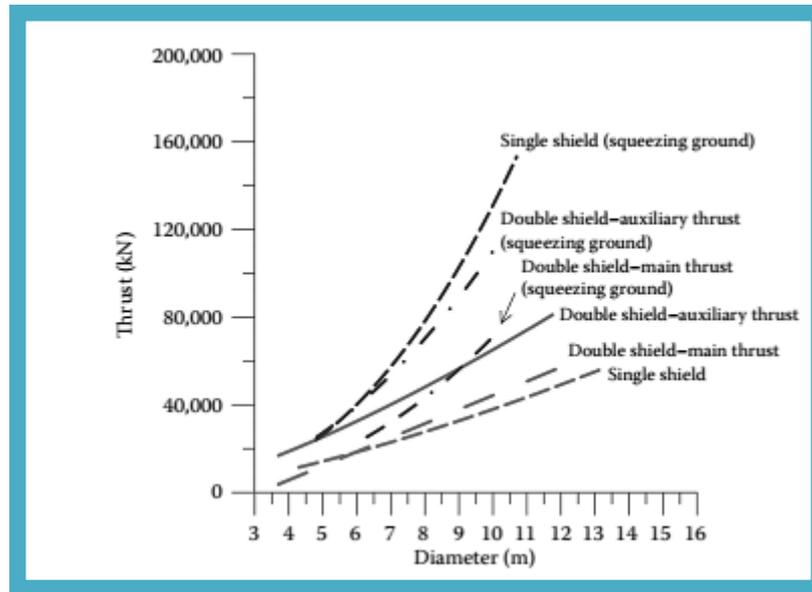


Рисунок 2.7. Зависимость между диаметром и толчком для однощитового и двухщитового проходческого комбайна.

Щитовой проходческий комбайн открытых и закрытых режимов балансировки давления на почву используется в комплексных геологиях для проходки метро и гидроканалов. Такие типы проходческих машин возможно использовать в открытом режиме в компетентных горных породах и в закрытом режиме в трещиноватых и слабых зонах в пределах того же самого туннельного маршрута. Рисунки 9.8 и 9.11 дают зависимость между диаметрами щитовых проходческих комбайнов, толкают, и затягивают величины для машины, вставляющей режим балансировку давления на почву. Пунктирные жирные линии для статистически выведенных уравнений, и другие линии для теоретически вычисленных методов для различного земного давления и коэффициента трения между щитом.

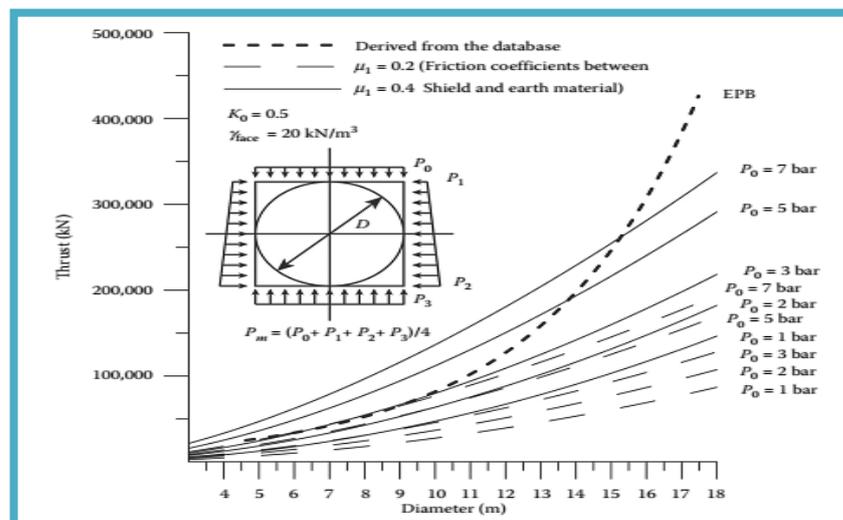


Рисунок 2.8. Зависимость между диаметром щитового проходческого комбайна и толчком для балансировки давления на почву.

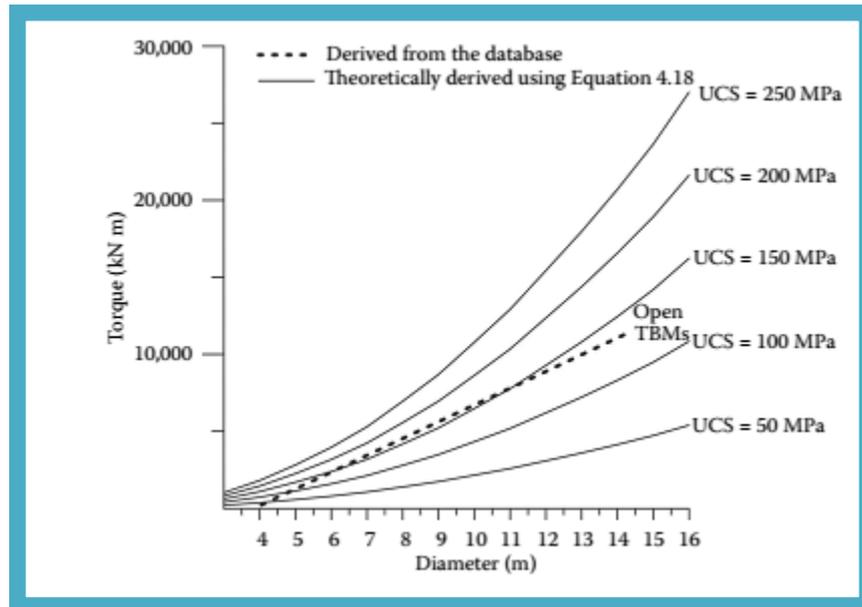


Рисунок 2.9. Зависимость между диаметром щитового проходческого комбайна и вращающим моментом открытого типа.

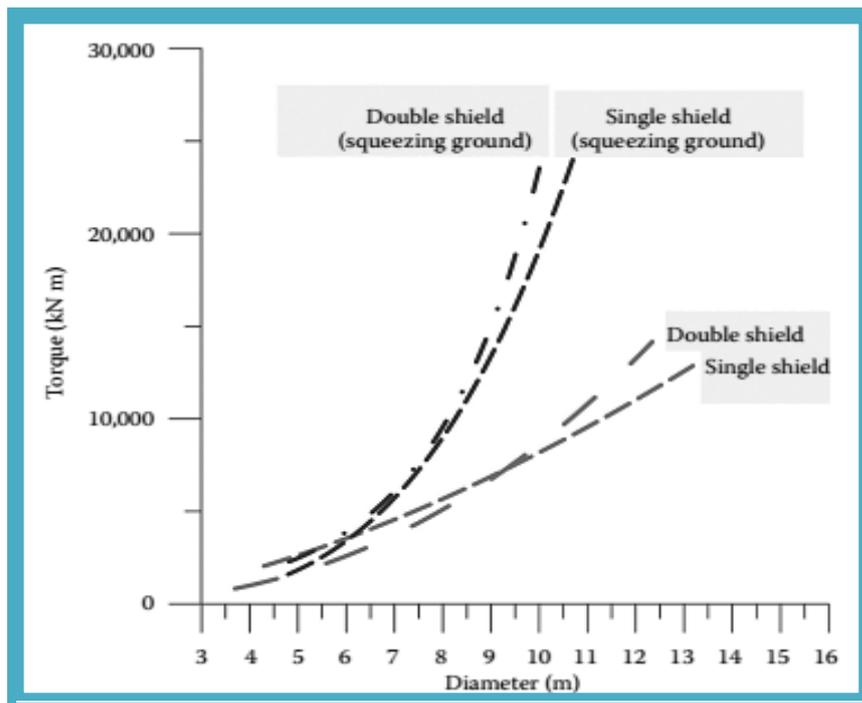


Рисунок 2.10. Зависимость между диаметром проходческого комбайна и вращающим моментом для однощитового и двухщитового комбайна.

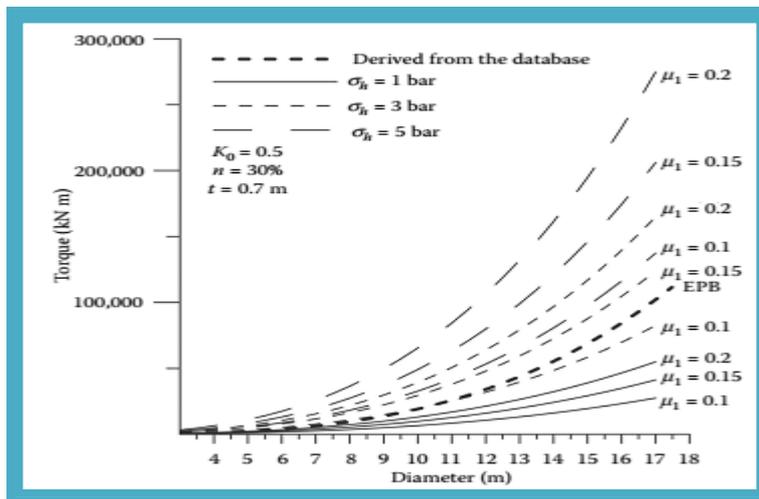


Рисунок 2.11. Зависимость между диаметром щитовых проходческих комбайнов и вращающим моментом для открытого типа с балансировкой давления на почву.

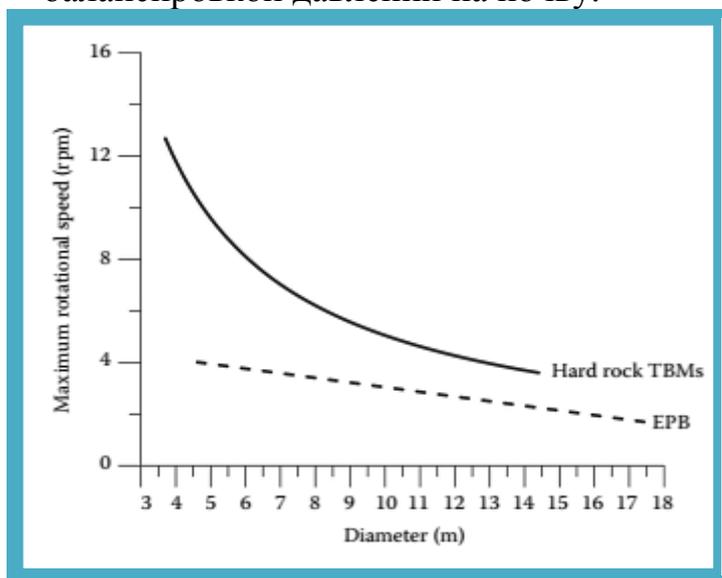


Рисунок 2.12. Зависимость между диаметром щитовых проходческих комбайнов и угловой скоростью для всех типов комбайнов

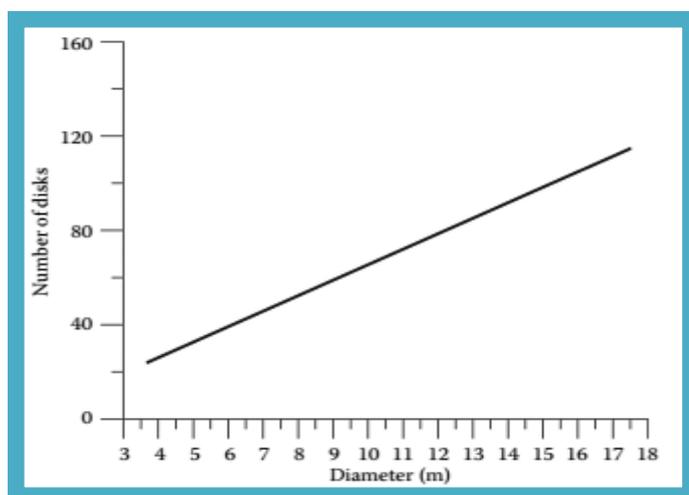


Рисунок 2.13. Зависимость между диаметром щитовых проходческих комбайнов и числом дисков на рабочих органах.

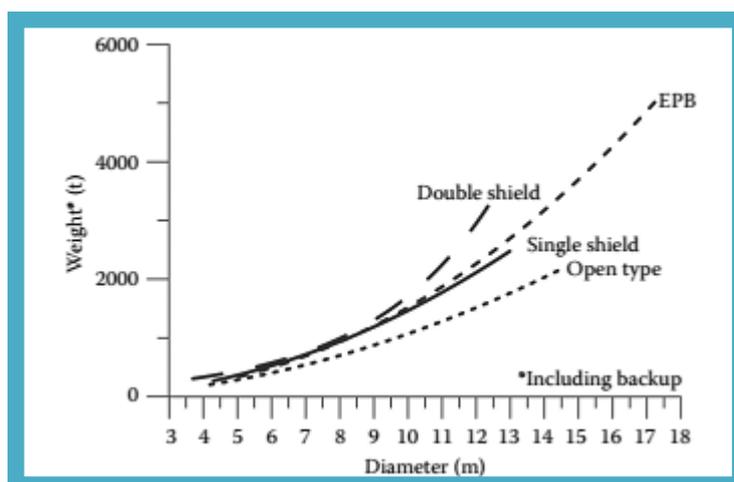
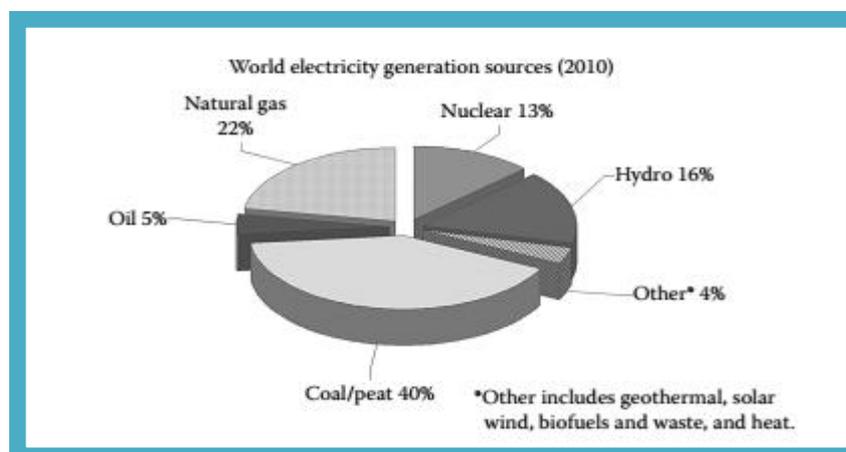


Рисунок 2.14. Зависимость между диаметром щитовых проходческих комбайнов и весом для различных типов комбайнов.

### 1.3 Механическое оборудование добычи угля Общие сведения

Уголь играет важную роль в производстве электроэнергии. Как замечено из рисунка 14.1, 40 % электричества в мире прибывают из угля. Это может продолжиться для десятилетий (Международное энергетическое агентство 2012). На текущих производственных уровнях доказанные угольные резервы могут длиться до 150-200 лет и более.

Почти 64% мирового антрацита и производства битуминозного угля в 2005 была добыта подземным способом, добывающего с различными величинами производительности, из них доля производства приходится 35% в Соединенных Штатах, 16% в Австралии, 14% в Южной Африке, 2.6% в России, 1.5% в Китае, 1% в Украине и 0.07% в Индии. Увеличивающаяся тенденция в производительности с увеличением степенью механизации горной технологии.<sup>9</sup>



<sup>9</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, page 307.

Рисунок 3.1. Мировую генерацию электричества топливом в 2010.

Таблица 3.1.

Угольные резервы и производство в конце 2009 (106 тонн)

Страна	Антрацит и битумные углы	Под битуминозный и Лигнит	Общее	Доля от общего %	Производство	Доля от общего %
США	108,950	129,358	238,308	28,9	973,2	15,8
Россия	49,088	107,922	157,010	19,0	298,1	4,1
Китай	62,200	52,300	114,500	13,9	3050,0	45,6
Австралия	36,800	39,400	76,200	9,2	409,2	6,7
Индия	5400	4600	58,600	7,1	557,6	6,2
Украина	15,351	18,522	33,873	4,1	73,7	1,1
Казахстан	28,170	3130	31,300	3,8	101,5	1,3
Южная Африка	30,408	-	30,408	3,7	250,0	4,1
Другие	79,954	59,448	139,402	10,3	1227,3	15,1
Общее по миру	411,321	414,680	826,001	100	6940,6	100

Источник: Конференция мировой добычи угля, август, 2010.

### Шнековые рабочие органы

Типичные шнековые органы приведены на рисунке 3.3, и некоторые технические особенности от различных фирм-изготовителей приведены в таблице 3.2.

Шнековые рабочие органы могут работать с маленькими пластами и крепких углях, имеющих толщину между 1.5 и 7.0 м. и уклонам до 20°. Шнековые органы могут легко приспособляться высоту и с изменчивой высотой. Установленная мощность до 2590 кВт. Удельная энергия располагается между 0.7 и 10 МЖ/м<sup>3</sup> соответственно твердости угля. Шнековые органы могут рубить уголь со скоростями до 40 м/минут и мощности пласта между 0.8 и 1.2 м. Объем копать угля регулируется, устанавливая заданную скорость перевозки шнековых органов. Время

использования машины изменяется между 40 % и 60 %.<sup>10</sup>

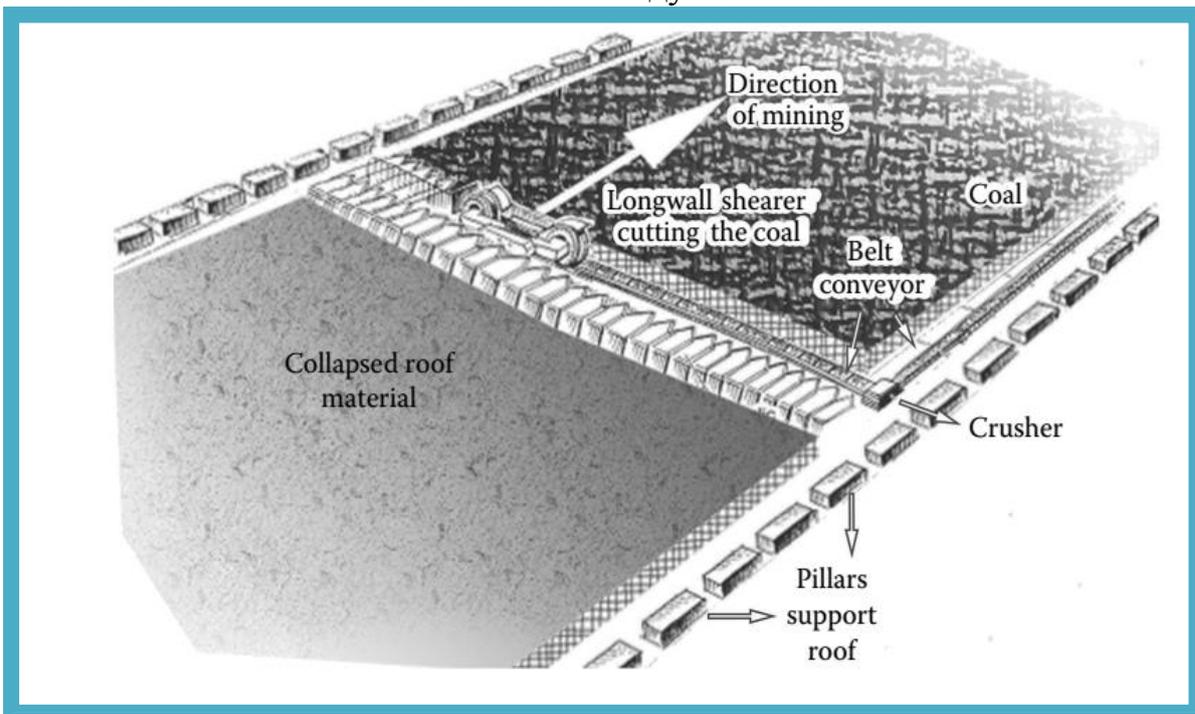


Рисунок 3.2. Вид в плане работ механизированного угольного сплошного забоя.



Рисунок 3.3. Общий вид шнекового рабочего органа в забое.

При работе двухсторонней схемы производительности таких комбайнов увеличивается чем работы в односторонней схемы.

### Струговая установка

Струговая установка при перемещении в дол забоя с помощью резцов прорезают забой и надламываются уголь, и загружает уголь на забойный конвейер.

<sup>10</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, page 309.

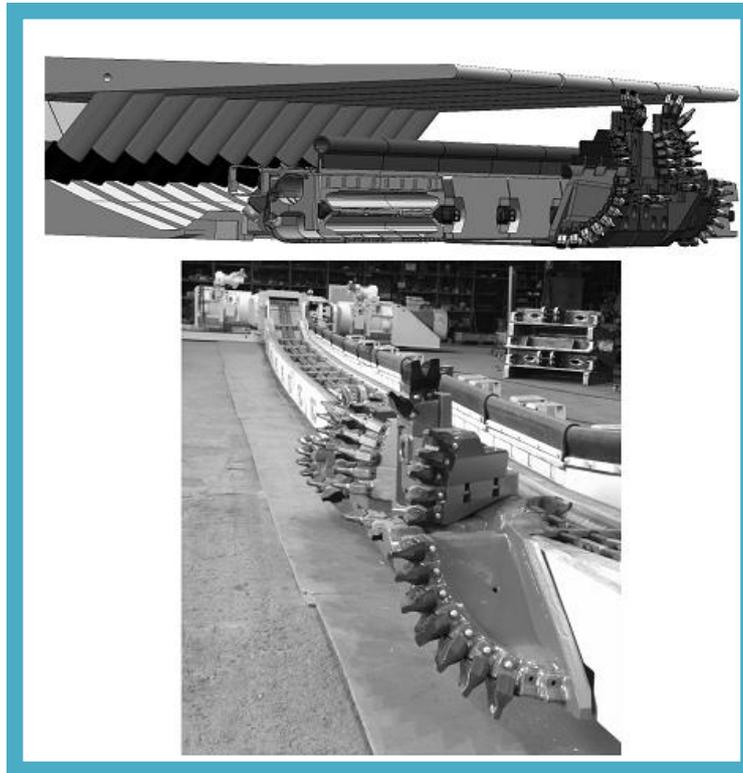


Рисунок 3.4. Общий вид струговой установки.

Струговые установки широко использовались в немецкой угольной промышленности между 1950-ыми и 1980-ыми годами. После применения таких комбайнов значительно уменьшилось использование комбайнов с шнековым рабочим органом. Струговые установки используются в мощностях пласта от 0.6 до 2.3 м., и они могут передвигается под наклоном до 45°. При использовании струга в пластах до 1 м используется основная часть, в более мощностях используется опорная плита для увеличения высоту обработки. Удельная энергия от 1 до 10 МЖ/м<sup>3</sup>, скорость движения достигает до 3 м/сек, глубина резания от 4 до 20 см.<sup>11</sup>

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие типы проходческих машин используется для проходки в месторождениях с крепкими породами?
2. Какие типы рабочих органов используется для добычи угольных месторождений?
3. В каких типах добычи используется струговые установки?

#### **Используемые литературы:**

1. Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014.

<sup>11</sup> Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. CRC Press, London, New York, 2014, page 311.

## **2-тема: Применение высокопроизводительных буровых машин для бурения взрывных скважин открытых горных работ.**

### **План:**

1. История развития оборудований, машин и буровых работ при бурении скважин.
2. Тип бурения буровых оборудований.
3. Область применения и типы современных буровых работ.
4. Применение автоматизированных программ в буровых оборудованиях.

**Ключевые слова:** Бурение, штанга, долото, перфоратор, пневмоударник, буровая машина, способ бурения, буровое оборудование, принцип работы, теоретические основы способов бурения, технические показатели, состав, конструкция, технико-экономические показатели, способ расчета, скорость бурения, нагрузка на буровой инструмент, расход воздуха для буровых работ, компрессор, мощность, автоматизировать, программа, автоматическое управление, система, безопасность бурения.

### **2.1 История развития оборудований, машин и буровых работ при бурении скважин.**

#### **История бурение: от пороха до «Viper Pit»**

Вращающаяся буровая установка шпуров пришла до нас с давних времен. Порох был изобретен в Китае около 1000 г. н.э. Но в Европе, по крайней мере, потребовалось еще 500 лет или больше, прежде чем шахтеры начали использовать его для производства взрывных работ и еще три столетия для внедрения механизированного бурения на поверхности шахт. Мобильные буровые установки скважин были в эксплуатации в течение всего около шестидесяти лет.



Рис-1. Бурение с кувалдой был установленный метод до развития перфоратора.

Применение взрывчатого вещества, по-видимому начались в шахтах Венгрии где-то в шестнадцатом веке. Для того, чтобы лучше использовать взрывной силы, шахтеры начали размещать порох в скважинах и очевидно, что буровзрывны были использованы в нескольких немецких и скандинавских шахтах в начале семнадцатого века, например, на серебряном руднике Насафжаль в Лапландии в 1635 году, и в 1644 году на руднике Ророс в Норвегии. Ручной ручек

с помощью буровой стали и кувалды был установленной технологией, использованный в восемнадцатом веке (рис.1). Это физически требовательная техника развивалась медленно, но, несмотря на механизации других отраслей промышленности, остался в довольно широком применении вплоть до начала двадцатого века.<sup>12</sup>

Тем не менее, перфоратор начал создавать вызов в 1800-х годах, конкуренция в США будучи символизированный Джоном Генри, который в 1870 году проковал через 14 футов за 35 минут в то время как бурильная установка с паровым приводом только завершила девять футов. Первый запатентованный порода-сверильный станок был с паровым приводом ударная дрель, изобретенная Дж. Дж. Каучом в Филадельфии в 1849 году, но это, возможно, предшествовал машине произведенный шотландским инженером Джеймсом Нэсмита десять лет назад. Этот патент стимулировал период бурного развития, ускорилась в 1860-ым изобретением капсуль-детонатора и безопасно взрывающим

<sup>12</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 3-4.

веществом динамит Нобелевского. С 1850 по 1875 г. около 110 патентов бурильных машин были выданы американским изобретателям и семь буровых носителей в то время как 86 патентов были выпущены в Европе в этот период.

В 1851 году Джеймс Фаул, который работал с Каучом, запатентовал бурильную машину, который может питаться от пара или сжатого воздуха, и может вращать буровую сталь с помощью храпового колеса под контролем назад-перед движения поршня. В 1860-х годах буровые машины крупных горных пород были построены для туннелирования инженерами в Европе и Соединенных Штатах. Одним из наиболее успешных из этих ранних буровых машин был второй усовершенствованной версией перфоратора Берли, который был введен в эксплуатацию в октябре 1866 г. в туннеле Хусак в штате Массачусетс. Производительность в этом туннеле проекта показали, что развитие перфораторов приняло шаг от экспериментального продукта к проверенной и весьма надежной технологии.

В 1871 году американский изобретатель Саймон (Simon Ingersoll) запатентовал бурильную машину питаемую от пара, позже которая работала на сжатом воздухе. Ingersoll сформировал компанию «Ingersoll Rock Drill Company» в том же году. В течение следующего года компания Ingersoll приобрела патенты Фаул-Берли, а также объединил с компанией Берли (рис.2).

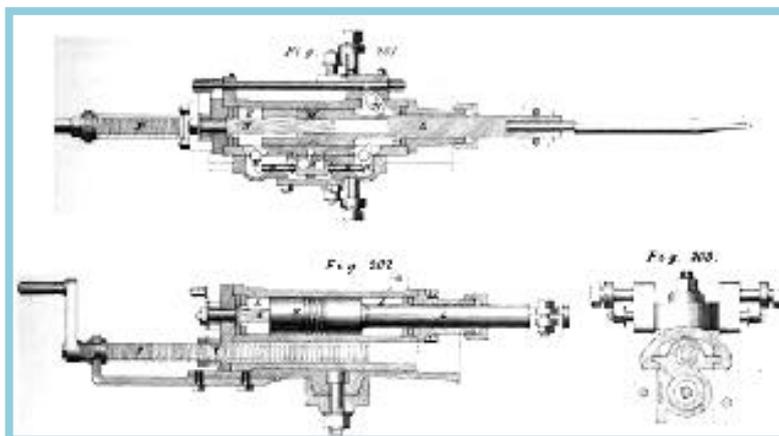


Рис-2. Буровая машина Ингерсолла

Новая компактная бурильная машина запущенная Ингерсолом была простой и прочной конструкцией с небольшим количеством движущихся частей. Дизайнеры сохранили в виду жесткие условия, в которых перфоратор должен был работать, и современное техническое заключение рассматривать его новую бурильную машину, как еще лучше на рынке.

За годы Ingersoll выкупил много мелких фирм и расширил свою компанию. Название «Ingersoll Rand» вошел в применение в 1905 году за счет комбинации «Ingersoll-Sergeant Drill Company» и «Rand Drill Company».

«АВ Atlas» было основано в феврале 1873 года в то время, когда шведская железнодорожная сеть быстро расширялась. Три года позже, теперь с 700 сотрудниками и магазинов Стокгольма завершены, АВ Atlas поставила более 600 железнодорожных вагонов. Уменьшенный спрос со стороны железнодорожной отрасли, в сочетании с многолетними потерями, привел к реконструкции в 1890. В последующие годы были добавлены новые линии продуктов, в том числе пневмоинструментов, компрессоров, дизельных двигателей и первого Atlas перфоратора, который был запущен в 1905.

### Дальнейшее развитие

Конструкция первого Атлас перфоратора представляющее продвинутое вращение винтовки направления, но с весом 280 кг (617 фунтов) был очень тяжелым для ручного использования (рис.3). Немедленно и в течение следующих 25 лет Атлас сосредоточился на легкий вес руки вращающийся, как Циклоп, Рекс, и Боб. Реальный победитель среди Atlas легких ручных перфораторов был RH 65 с года 1932.<sup>13</sup>

Эта машина имела более эффективный ствол и куски конструкций для лучшего руководства стали и более длительный срок службы ствола.



Рис-3. Первый пневматический перфоратор № 16 сделанном Атласом

Использованный с новой системой толкач подачи ноги, разработанной в 1930-ых, RH 65 был самым важным элементом в том, что впоследствии стало известно как "шведский "метод подземного бурения. В Соединенных Штатах Ingersoll-Rand был расширен в пневматические инструменты в 1907 году путем приобретения Imperial Пневмоинструмент Company Афины, штат Пенсильвания.

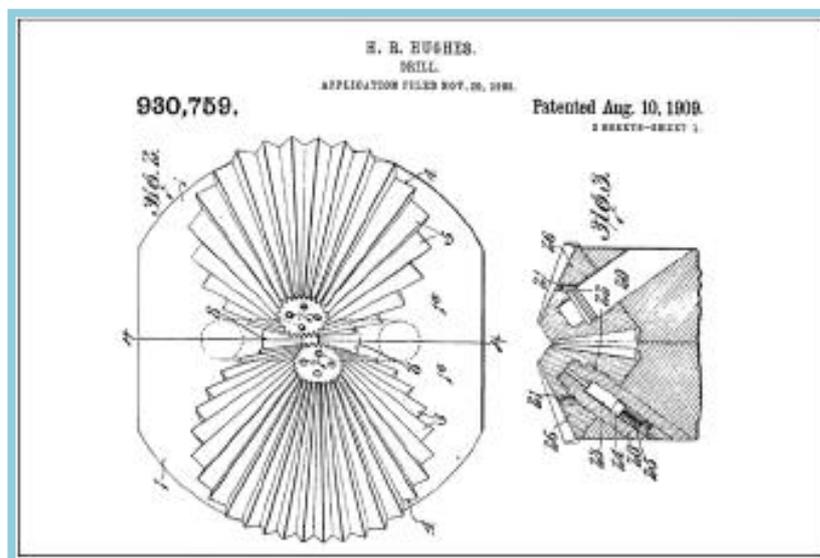
<sup>13</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. page 4.

## Бурильные инструменты

Параллельное усовершенствование качество стали бура началась в течение 1890-х годов с развитием термообработанной буровой стали, которые могли лучше противостоять деформации. Но затачивание кончиков требовал обширной перевозки тонных грузов бурильных стали между буровых площадок и мастерских. Съёмная сверло было разработано в 1918 году А Л Ховксворсом (A L Hawkesworth), бригадиром на медной шахте Anaconda в Батт, Монтана. Первые версии использовали ласточкин хвост к буровой штанге в то время как более поздние версии были с резьбой или конусообразной форме. Стержни были сохранены на разработках и использовались с новыми или повторно подделанными долотами. В Европе во время немецкого краха в 1918 году команда была сформирована на заводе лампы «Осрам» для разработки цементированного карбида вольфрама в качестве замены для промышленных алмазов. В 1926 году первый цементированный карбид вольфрама стал доступным в качестве "волшебного" станка для токарной и фрезерной операции. Первые тесты были сделаны в 1928 году, пытаясь использовать долота из карбида вольфрама для бурения скальных пород в немецких шахтах и до второй мировой войны были получены обнадеживающие результаты. В 1942 году Atlas, Sandvik и Fagersta подписали соглашение о сотрудничестве, и это не было до 1945 года, после долгого процесса усовершенствования, что новые цементные долота из карбида вольфрама были экономично использованы как обычные стальные резцы. Послевоенные годы Atlas добился дальнейшего значительного прогресса. В 1948 году компания представила RH 65 обновления, RH 656, который был разработан для использования новой цементированной твердосплавной буровой стали. Превосходные характеристики "легкого Шведского метода" было использовано во всем мире и завершилось в 1962 году, с завершением туннеля Монблан. С развитием механизированных буровых установок и с введением в 1973 году КС 1038 гидравлического качественного перфоратора Atlas Copco заложил фундамент, чтобы стать мировым лидером в области передовой технологии ударного сверления.

### Долота для вращательного бурения

Вращательное бурение с долотами режущего типа был распространенным методом, используемым в бурении нефтяных скважин. Эти долота были пригодны при бурении в мягких породах, таких как песок или глина, но не в камне. Шарошечные долота были разработаны Хьюзом и Шарпом (Hughes and Sharp), а патент США для двухшарошечного долота был выдан Говарду Хьюза-старшего в 1909 (рис.4).



**Рис-4.** Американский патент для двухпьеьерного коронки, был выпущен Говарду Хьюзу старшему в 1909

Этот новый тип долота имел два переплетенных колеса со стальными зубами, и проникли в скалу дроблением и разделением. Успех нового долота привел к основанию компанию «Sharp Hughes Tool Company», и после смерти Шарп в 1912 году название было изменено на «Hughes Company Tool».

Компания продолжила развитие шарошечного долота, и в 1933 году два инженера Хьюз изобрели трехшарошечное долото. Это долото имел три конические ролики снабжены стальными зубами. Трехшарошечное долото вращался как бурильную колонна вращалась, и раздавливал зубами и скалывал породу. Шарошечные долота с длинными стальными зубами были использованы в мягких породах для выдавливания образования, в то время как буровой станок с выносным перфоратором с более короткими зубами был использован для дробления и растрескивание труднее образования.<sup>14</sup>

### **Технология бурения взрывных скважин**

В то же время, ручные легкие пневматические перфораторы также поспособствовали к расширению добычи уступных выемок в открытых разработках и карьерах. Но в 1930-е годы скважинные перфораторы – пневматические станки (downhole drills (DHDs )) были введены для бурения глубоких скважин. Основное начальное развитие этой технологии проходило в Бельгии и Соединенных Штатах.

<sup>14</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. page 5.



**Рис-5.** Первые пневматические станки компании Атлас-копко

Атлас разработал буровой станок в середине тридцатых годов, который был использован с хорошими результатами в двух шведских известняковых карьерах до 1950 годов, но затем компания прекратила дальнейшее развитие DHD, только вновь входя на рынок в 1969 году с COP 4 и COP с погружными пневмо-ударниками (рис.5).

Вслед за пневмоаппаратом менее COP 32 42,52 и 62 с 1978

года, где до сих пор COP32 находился в использовании. В 1955 году Ingersoll-Rand представила новую конструкцию станка и начал создавать скважинное бурение на действительно коммерческой основе.

Технология скважинного бура прошла через быстрых изменений в 1960-х и 70-х годов. В довольно быстрой последовательности И-Р разработала DHD 325 (их первый 6 дюймовый молоток), DHD 325A, DHD 16, DHD 1060, DHD 1060 A и модели B, DHD 360 (все 6 дюймовый перфоратор) и соответствующие большие и меньшие модели, вплоть до текущей линии DHD. Вероятно, наиболее значительные изменения в технологии СП было появление на пневмоаппарата DHD. Эффективность и срок службы перфоратора значительно улучшилась с устранением заслонку клапана. В течение 90-х годов серии QL (Quantum Leap) молотки пришли с уникальной QL, дизайн еще действующего патента. Эта функция позволяла иметь ход поршня под давлением 80% его расстояние по сравнению с 50% для другой конструкции молотка. Функция QL также используется в молотках серии TD для сверления глубоких скважин. Конечно, более высокое давление и объем воздуха из воздушного компрессора продвижений производила производительность, как мы видим сегодня. Возвращение на рынок скважинного бура при 6 бар (\*1 дюйм = 25.4 мм, \*\* 1 бар = 14.5 фунтов на квадратный дюйм) в 1969 году также позволило Atlas Copco, воспользоваться преимуществами усовершенствованных воздушных компрессоров и разработать более мощные забойные молотки, достигая 18 бар в начале 1980-х годов и в последнее время 25 бар и 30 бар в больших текущих размеров молота. В начале 90-х COP 44, 54 и 64, куда введен Secoroc, серия высокоэффективных молотков, работающих при высоком давлении воздуха. Они были непобедимы в бурении взрывных скважин до замены COP Золотой серии в начале 2000-х (рис.6).

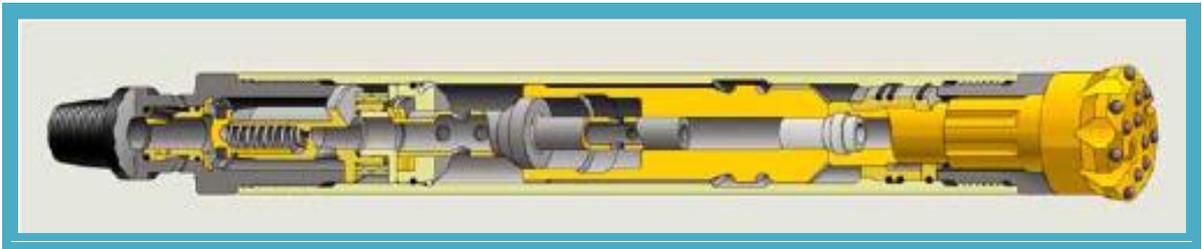


Рис-6. Пневмоударник «Золота Secoroc COP64»

## Буровые установки

Мобилизация скважинных и вращающих бур была связано со значительным изменениям после войны в технологии вращательного бурения. До этого вращательное бурение было использовано в бурение скважин на воду и поверхностной добычи с использованием циркуляции жидкости для очистки шлама из скважин. Угольные шахты использовали вращательное бурение в мягких вскрышных породах, удалением шлама с шнеками. В конце 1940-х годов стало ясно, что воздух был эффективным промывочной средой со значительными преимуществами по сравнению с водой, делая лучшую работу очистки, защищая долота и устраняя трудности подачи воды.<sup>15</sup>

В 1948 году Ingersoll-Rand вошел в рынок шпуров большого диаметра, запустив мощный перфоратор на гусеничном ходу. Это на самом деле не было вращательным бурением, но большой самоходная установка в 40 000 фунтов \* весом диапазоне, разработана с бортом воздуха и длинной колонны бурильных вышек для сверления скважин 6 дюймов до 8-дюймового диаметра для горнодобывающей промышленности и карьерных работах. Оригинальные мощные перфораторы на гусеничном ходу были оснащены огромным 8 дюймов скважинным колонковым перфоратором, знакомый как QD8. Это был поршневой колонковый перфоратор, с буровой стали крепящейся непосредственно к поршню колонкового перфоратора. Частота удара находился в диапазоне 200-300 ударов в минуту. Конструкция разведочного станка, несколько меньше роторного бура, была введена около 1955 г. Она производила такую же производительность, что и мощный перфоратор на гусеничном ходу в меньшем и менее дорогостоящим пакете. Обновленные версии разведочного станка, DM-1, DM-2 и DM-3 с последующим в быстрой последовательности. Первоначально оборудованы раздвижными пластинчатыми воздушными компрессорами до 900 кубических футов в минуту \*\*, все были обновлены конструкции винтового компрессора. Первый грузовой бур I-R's был назван пакет Trust. Пакет бурильных рам был установлен на грузовике поставленный клиентом, часто использованный Маск грузовик. Тем не менее, ни один из стандартных конструкций грузовиков не

<sup>15</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. page 7.

оказалось весьма успешным. Эти и другие события помогли горнодобывающей промышленности сохранить расходы на бурения на уступе без существенных изменений в течение 1950-х и 1960-х годов, несмотря на увеличение затрат на заработную плату. Машины мощный перфоратор на гусеничном ходу и TRUCM были сделаны все более самодостаточными в 1950-е годы. К концу десятилетия подача воздуха составляла до 10 бар и маркетинговый лозунг "Давление это производительность" был повышен. Буровые вышки и перфораторы были проданы вместе, чтобы максимизировать доход, но это стимулировало других производителей строить конкурирующие перфораторы.

### **Развитие крупных скважинных перфораторов (буровых станков)**

К концу семидесятых, компания начала проектирование буровых установок, более конкретно направленных на рынке добычи цветных металлов, с использованием концепции блок питания, разработанные для глубокого бурения. До сих пор, ни воздуха, ни с питанием от гидравлического привода вращения, ни скважинные перфораторы оспаривали электродвигатель верхнего привода ротационных установок, произведенных в США за 12 - 15 дюймов диаметром скважин рынка. Эти машины к настоящему времени имели очень большие веса на долото в диапазоне 100000 - 120000 фунт-сила, отчасти из-за веса электродвигателя для поворотной головки, но не были пригодны для живой работы башни. Первый ответ Ingersoll-Rand был в 1979 году с развитием разведочного станка DM70, способный просверлить скважины диаметром 10 дюймов в металлических шахтах и до 12½ дюйма отверстия на угольных шахтах с использованием 8,6 бар воздуха для вращательного бурения. А в 1979 году компания запустила DM-H (разведочный станок – Тяжелый), первый по-настоящему современный крупный шпур буровой установки был использован для низкого давления вращательного бурения 9 7/8 - 12 1/8 дюйма отверстия с разрядной нагрузкой до 90000 фунт-сила.



Milestones in development		
Year	Model	Load on bit
1948	Quarrymaster	drifter
1955	DM3	30,000 lbf
1968	T4BH	30,000 lbf
1969	DM4	40,000 lbf
1970	DM50	50,000 lbf
1979	DM-H	90,000 lbf
1983	DM-M	60,000 lbf
1990	DML	60,000 lbf
1992	DM-M3	90,000 lbf
2000	PV-351	125,000 lbf
2004	PV-270	75,000 lbf
2008	PV-235	65,000 lbf
2012	PV-311	110,000 lbf

**Рис-7.** Станок DM-H, в 1979 г. выпуска, нагрузка на долота до 90,000 фунт-сил (400 кН).

**Рис-8.** Станок DM-M3, в 1992 г. выпуска, для бурение мелких скважин угольных

**Рис-9.** Периоды развития

DM-H использовал гидравлику для обоих буровых и не буровых функций и показал гидравлический экскаватор типа передвижением шасси с легко заменяемыми грунтозацепами колодки и в линии компонентов на палубе. Он был оснащен винтовым компрессором и "живой" башни с запатентованной системой угла бурения. Точка башни поворота была заподлицо к буровой палубе и в пределах занавесом пыли, уменьшая длину неподдерживаемой буровой штанги. Эта была универсальной машина, версии с единичным проходом добавлена в середине 1980-х годов. Машина была модернизирована на протяжении многих лет, хотя заменен Viper Pit 351 для применения к жестким породам. Почти в то же время компания начала предлагать версии с электрическим питанием от ДМ 45 и другие модели. Тем не менее, хотя эти машины имели пакеты мощности электродвигателя, они сохранили гидравлическую систему вращения. Первая электрическая буровая установка была DM7B доставлена в Кларксбург в 1977 году, а год спустя

в DM100 доставлена в Рок-Спрингс. После восстановления от спада в начале 1980-х годов, компания Ingersoll-Rand предпринял ряд разведочных станков, DM-M предназначен для вращательного бурения 9 7/8 дюйма скважин с разрядной нагрузкой до 60000 фунт-сила. Три из первых четырех DM-M были введены в эксплуатацию на шахте Новая Северная Антилопы и сегнетовой Peabody Energy в Вайоминге реки Паудер, в настоящее время один из двух крупнейших угольных шахт в мире. В настоящее время, более 25 лет спустя, прототип DM-M по-прежнему работает. Машина показала систему подачи каретки с канатных кабелей, в результате чего стало более легкая башня и более низкий центр тяжести. В 1989 году эта модель была обновлена до DM-M2, на которой максимальная нагрузка немного была увеличена до 75000 фунт-сила и способность размера скважин продлена до 10 5/8 дюйма. Стабильность была улучшена, также. В 1990-91 году компания представила DML для многопроходного бурения до 180 футов глубины скважины. Эта новая модель мог сверлить от 6 до 9 7/8 дюйма (200 - 250 мм) диаметром отверстий в ротационном режиме, и 6 - 8 7/8 дюйма с использованием скважинного молотка. После проекта развития на основе консультационного клиента применения DM-M3 была запущена в 1992 году в MINEхро. Предназначенный в первую очередь для глубокого бурения вскрыши для литых взрывных работ в крупных угольных шахт, первое производство DM-M3 было введено в эксплуатацию в 1993 году на Arch Coal Black Thunder Mine, один из крупнейших угольных шахт в мире.

Для этой новой модели, конструкторы подняли нагрузку на долото до 90000 фунт-сила, и диаметр отверстия в диапазоне до 12 1/4 дюйма в то время как новая запатентованная подача кабеля допускалась использование 40-футовых буровой штанги.

### **Запуск Pit Viper**

Несмотря на сложные рыночные условия ограниченных инвестиций в середине 1990-х годов, в 1997 году компания начала работу над поколением шпуров дизайн новой буровой установки. Первый выпущенный был Pit Viper 351, который был успешно запущен в MINEхро 2000 (рис.8). При весе 170 тонн, измерения длиной 53 футов, а также оснащен системой управления CAN-шины с семью бортовыми компьютерами, новый Pit Viper 351 был в то время самой крупной и самой передовой буровой установкой в своем роде. Усовершенствованная система управления позволила модели бура возможность передачи буровой установки через сеть радиосвязи, и это также оснащен производственным контролем, распознавание породы и система навигации GPS.



Рис-8. Буровые станки **Pit Viper**

Через несколько месяцев после MINExpo шоу, в апреле 2001 года, PV-351 был поставлен на работу на медном руднике Morenci в Аризоне для окончательного тестирования и оценки. Шахта имела флот из 16 буровых установок от различных производителей, поэтому в дополнение к новой буровой установке использовалась для бурения скважины в твердых магматических условиях пород, эта была отличной возможностью для сравнительного анализа PV-351 с другими марками. Приложение требовал 12 ¼ дюйма диаметр единичного прохода бурение 57 футов глубиной шпуров с использованием до 90000 фунт-сила веса на долото (емкости 125 000 фунт-сила). Испытание было успешным: PV-351 пробурил около 2,2 миллиона футов в августе 2004 года на зарегистрированном среднем на 60000 футов в месяц, а через несколько месяцев даже больше, чем 80000 футов в месяц. Позднее в том же году многоходовой Pit Viper 275 был запущен в MINExpo 2004. На основе опыта от PV-351, в сочетании с консультациями заказчика, проект был инициирован для разработки серии PV-270. Эти буры были назначены для мощности нагрузки на долото в 75 000 фунт-сила и были представлены подобную систему подачи кабеля и автоматический кабель натяжения к тому, что на большей PV-351. Версия мультипроход PV-275 с мощностью 195фут глубиной была поставлена для испытания в декабре 2003 года на Kauyenta угольной шахте Пибоди в Аризоне, где она была использована для литого доменного бурения для удаления вскрышных пород. Это первая машина до сих пор используется там, и, как результат хорошей работы, шахта решила инвестировать в несколько дополнительных единиц. Один из них был подготовлен для быстрой смены между многоходовой и однопроходной башни в качестве



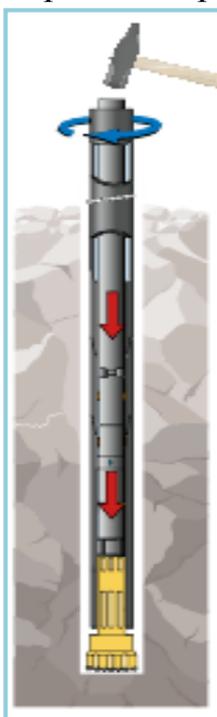
опции, чтобы адаптировать для различных областей применения на шахте. Первая шахта которая использовала однопроходную версию, PV-271, была Barrick Голдстрайк шахта близ Элко, штат Невада. Поскольку PV-271 прибыл на шахту в апреле 2004 года, она была без проблем, и имела внушительный послужной список со средней скоростью проникновения 199 футов в час. Длительный срок службы компонентов, а также автоматические настройки натяжения для кабелей очень ценились шахтой. Следуя этой традиции запуск продукта в Лас-Вегасе - PV-235 был введен в 2008 году, за которым следует PV-311 в MINExpo в 2012 году. Эти новые буровые установки являются автоматизировано готовыми, показывая RCS (Rig Control System- система управления буровой установкой) в качестве стандарта.

## 2.2 Тип бурения буровых оборудований.

Для различных приложения и условия породы необходимы различные виды бурового оборудования и производительности. Это руководство является попыткой начать дискуссию вокруг способа и оборудования, которые могут обеспечить оптимальное решение для применения. Ниже мы сравним шесть различных методов бурения от Atlas Copco.<sup>16</sup>

### Метод top hammer(буровой станок с выносным перфоратором)

В ударном бурении (tophammer) энергия удара генерируется, когда поршень поражает ствола. Эта энергия передается от перфоратора через ствол, буровой штанги и бурового долота в породу, где она используется для дробления. Вся система перфоратор, буровая штанга, буровое долото, вращения, силы подачи и промывка должны согласовать максимальную экономичность бурения. Метод tophammer в основном используется для бурения в твердых породах для отверстий диаметром до 5 1/2 дюйма (140 мм), а главным преимуществом является высокая степень проникновения в хороших условиях твердых горных пород. Ручные пневматические перфораторы используются для небольших диаметров отверстий, в то время как установка гидравлические перфораторы обычно используются для отверстий диаметром выше 1 5/8 дюйма (41 мм). Тяжелые гидравлические перфораторы с ударной мощностью до 40 кВт используются для больших отверстий диаметром до 5 S дюйма. Для того, чтобы сохранить хорошие буровую сталь стальные экономики и отверстие прямолинейности,



<sup>16</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 176-177.

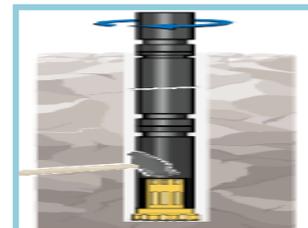
тяжелые удлиняющих стержней или жесткие направляющие трубы с большим наружным диаметром должны быть использованы.

Диаметр отверстия: 7/8 " - 5 1/2" (22 -140 мм)

Принцип: В простейших условиях, метод tophammer бурения переходит на ручной удар конца буровой стали с кувалдой. Как отдача поворачивает скачок стержня назад, гарантирует, что отверстие становится круглое. Аналогичным образом энергия удара перфоратора поршня передается на буровое долото в виде ударных волн. Буровой шлам удаляют из нижней части отверстия воздухом или промывки водой.

### **Coprod система**

Система COPROD сочетает в себе скорость tophammer бурения (буровой станок с выносным перфоратором)



с точностью и длительным сроком службы

метода с погружным пневмоударником. Внутри каждой

жесткой резьбовой части трубы представляет собой ударный стержень.

Он оснащен стоп-ушками, чтобы удерживать его на месте внутри секции

трубы. Секции COPROD соединены друг с другом с помощью бурильных

труб. Так как бурильные трубы передают только вращающей силы, стресс

для потоков минимальный и срок их службы очень долгий. Все

негативные эффекты передачи энергии удара через резьбу устранены

полностью. В результате высокой ударной мощности с минимальным

износом. Так как внешние трубы являются гладкими и втулка по всей

длине бурильной колонны, практически невозможно происхождения

глушения.<sup>17</sup>Практический опыт работы с COPROD был исключительно

хорошим. Метод дает хорошую общую экономику, особенно в больших

масштабах производства и бурения при бурении других сложных

условиях горных пород.

Диаметр отверстия: 3 9/16 " - 6 S" (90 -165 мм)

Принцип: Перфоратор расположен на ходовой балке на буровой

установке и ударная энергия передается сверху. стержни воздействия.

Безрезьбовой удары укладываются внутри резьбовых бурильных труб.

Стержни воздействия используются исключительно для передачи энергии

удара и усилие подачи, в то время как бурильные трубы передают

вращение. COPROD сочетает в себе скорость tophammer бурения с

дырочной прямолинейностью и методом с погружным пневмоударником

опускаемых в скважину.

<sup>17</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 176-177.

## Метод с погружным пневмоударником

Метод с погружным пневмоударником является надежным способом для бурения в различных пластах от жесткого до мягкого, компетентен к сломам или абразивный к неабразивным породам. Бурильный поршень ударяет буровое долото непосредственно, в то время как молоток оболочка дает прямое и стабильное руководство бурового долота. Это приводит к минимальным отклонением и большей устойчивости стенки отверстия, даже в требовательных породах. Так как кольцевое пространство между бурильными трубами и стенкой скважины сравнительно мало, высокая скорость промывки поддерживается, что способствует в дальнейшем качестве скважины. Хорошее качество отверстий позволяет нагрузку, и интервал между ними увеличились, что



позволяет экономить время и деньги. Прямые отверстия делают зарядку проще и уменьшают количество взрывчатого вещества. Надежный DTH метод является простым способом производство глубоких, прямых отверстий. С экологической точки зрения, уровень шума и вибрации от DTH бурения сравнительно невелики. Это имеет особое преимущество при бурении в густонаселенных районах.

Диаметр отверстия: 3 5/8 " - 9" (90 -229 мм)

Принцип: молоток расположен внизу отверстия в непосредственном контакте с буровым долотом. Поршень ударного молотка ударяет сверло, выражающееся в передаче эффективной энергии удара и незначительной потери мощности с глубиной скважины. Этот метод широко используется для бурения длинных отверстий, причем не только для производства взрывных работ, но и для водяных скважин, неглубоко газовых и нефтяных скважин, а также для геотермальных скважин. В горнодобывающей промышленности он также разработан для отбора проб с использованием обратной техники циркуляции (RC бурение).

## Метод обратной циркуляции

Двойная труба циркуляции обратного (RC) бурение является методом, используемый для сбора осколки пород на поверхности для последующего анализа . Затем воздух и осколки пород просачиваются через долото и вверх через центр бурильной колонны на поверхность. Обычно воздух истощает через центробежную силу, так что стружки породы и пыль будут захвачены в пробнике. Образец осколков пород могут быть собраны в мешках. Метод RC используется для разведки месторождений полезных ископаемых в качестве альтернативы алмазному бурению. Специальные RC молотки были разработаны для повышения производительности, а также уменьшить степень загрязнения

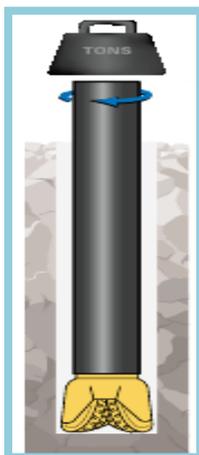
образца. С молотка RC стоимость бурения значительно меньше алмазного бурения и скорость проникновения на порядок больше, чем алмазные сверла. По этой причине может бурящие операции начинают с циркуляции обратного бурения. При бурении глубоких скважин, ниже 200 м (660 футов) обычно используется дожимной компрессор.

Диаметр отверстия: 4 15/16 " - 6 S" (125 -165 мм)

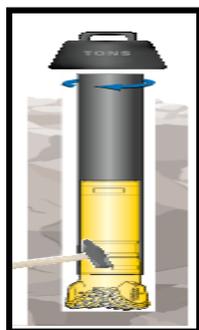
Принцип: молоток расположен внизу отверстия в непосредственном контакте с буровым долотом аналогично метода с погружным пневмоударником. Разница по сравнению с ДТН бурения является то, что RC-молот собранный отработанный воздух и стружки породы через внутреннюю центральную трубу и молота внутри бурильной колонны на поверхность, где образцы могут быть собраны в пакеты. Промывка черенков производится через зажимной втулки.

### Вращательные методы бурения

Основное отличие от других методов бурения является отсутствие ударного действия. Роторная резка, с использованием неподвижных зубцов и долота режущего типа, в основном используется для мягких пород, которые разрезают стрижкой. Роторное дробление использует трехшарошечные долота, опираясь на дробление и растрескивание скалы. Это достигается путем передачи прижимную силу, известную как подача бурового инструмента к буре во время вращения для того, чтобы управлять зубы (обычно вольфрамового типа карбида) в отверстие дна, так как все три шарошки вращаются вокруг своей соответствующей оси. Чем мягче раскачивать, тем выше скорость вращения. Буровые установки должны быть тяжелыми, чтобы обеспечить достаточный вес располагаемый на долото. Как правило, бурение ниже 152 мм (6 дюймов) лучше всего достигается путем ударного бурения, если преобладающие условия горных пород не подходят для ротационного резания. Роторное дробление является основным выбором для отверстий большого диаметра, выше 254 мм (10 дюймов) в открытой добычи полезных ископаемых, вскрышных на угольных шахтах, а также глубокого бурения скважин.<sup>18</sup>



Диаметр отверстия: 4 3/4 " - 16" (120 -406 мм)



Принцип: Вращение обеспечивается гидравлическим или электрическим приводом от двигателя коробки передач, которая называется вращающейся головкой, которая перемещается вверх и вниз по башне через систему подачи, порождая подачу необходимого бурового инструмента, чтобы дать достаточный вес на бур. Промывка бурового шлама между стенкой скважины и

<sup>18</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 177-178.

буровой штанги, как правило, производится с помощью сжатого воздуха.

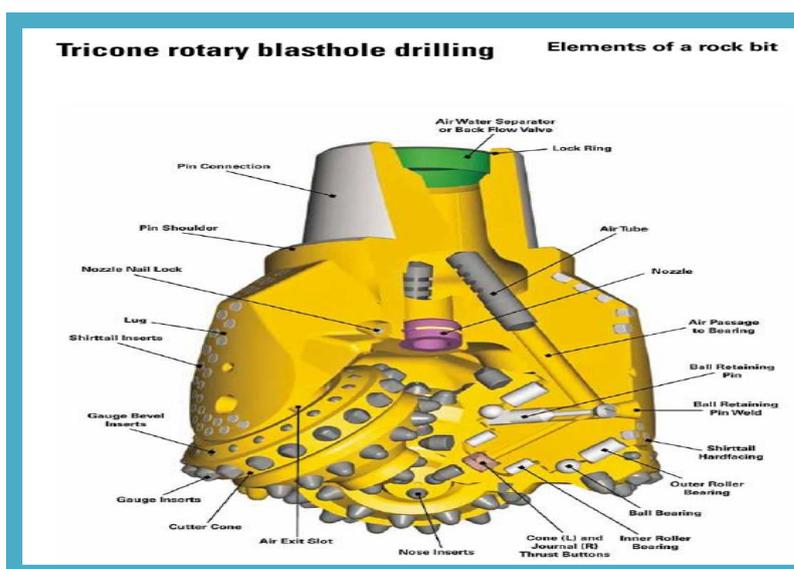
### **МЕТОД PARD (данные о технической надёжности деталей)**

Ударно субсидированная система роторного бурения сочетает в себе ударную мощь и вращающей силы. Воздействие высоких частот обеспечивает увеличение важных у него перебор в скорости проходки (ROP), при бурении в средних и твердых пород. Система Secogoc PARD состоит из высокой частоты, низкой энергии удара DTH молотка и специально разработанной трехшарошечным долотом, который монтируется на стандартный роторный бур и бурильной колонне. Система работает на условно низком давлении, используемого для роторного бурения, 50 -100 фунтов на квадратный дюйм (3,5 -7 бар). PARD молоток имеет легковесный поршень с коротким ходом и уникальной параллельной воздушной системой , которая распределяет воздух пропорционально между молотом и Трехшарошечным долотом.

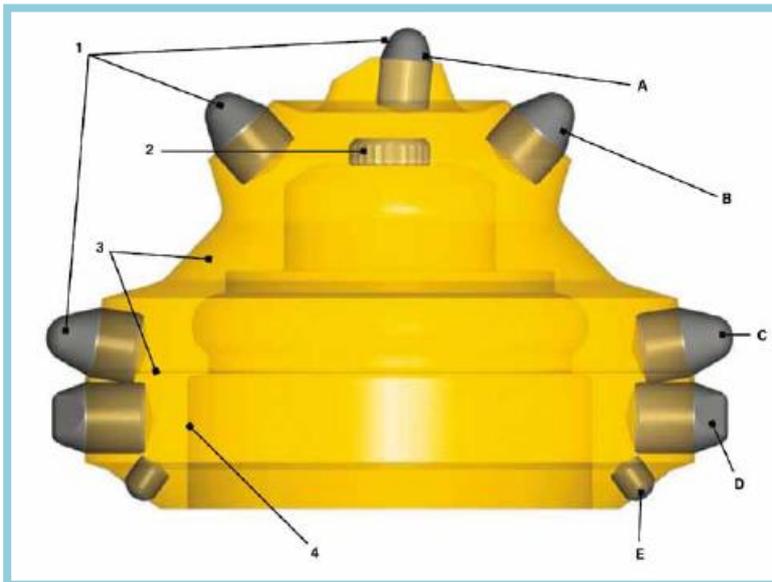
Диаметр отверстия: 9 7/8 "- 12j" (251 -311 мм)

Принцип: Объединяя низкий удар DTH молотка с высоким давлением подачи и крутящим моментом вращательного трехшарошечного бурения, более высокий уровень энергии может быть обеспечен для бурения скальных пород, чем то, что DTH молоток или вращательное бурение может создать в одиночку. Легкий поршень ударного молотка ударяет трехшарошечное долото в результате передачи энергии удара в буровом долоте. Энергия удара с молотка поддерживает процесс резки скалывания и рок и увеличивает скорость проникновения.

### **Буровая долота. Элементы долот**



**Шарошки.** Шарошки составляют режущие элементы бура и состоят из следующих узлов:



1. Твердосплавных зубков - которые прессуют более мягкий стальной материал с интерференционным удерживанием элемента на месте.

2. Кнопка опоры шарошки - изготовлена из износостойкого материала, используемый для принятия осевой нагрузки подшипников.

3. Обшивка внешней

шарошки - вставьте наземные и конические канавки.

4. Подшипник с коническими роликами - внутренние шариковые и роликовые подшипники гонки.

Названий карбидные вставки

A. Носовая; B. Внутренняя; C. Контрольная расширительная; D. Расширительная

E. Откос расширения<sup>19</sup>

### **Элементы вращательного трехшарошечного долота, бурящее взрывных скважин.**

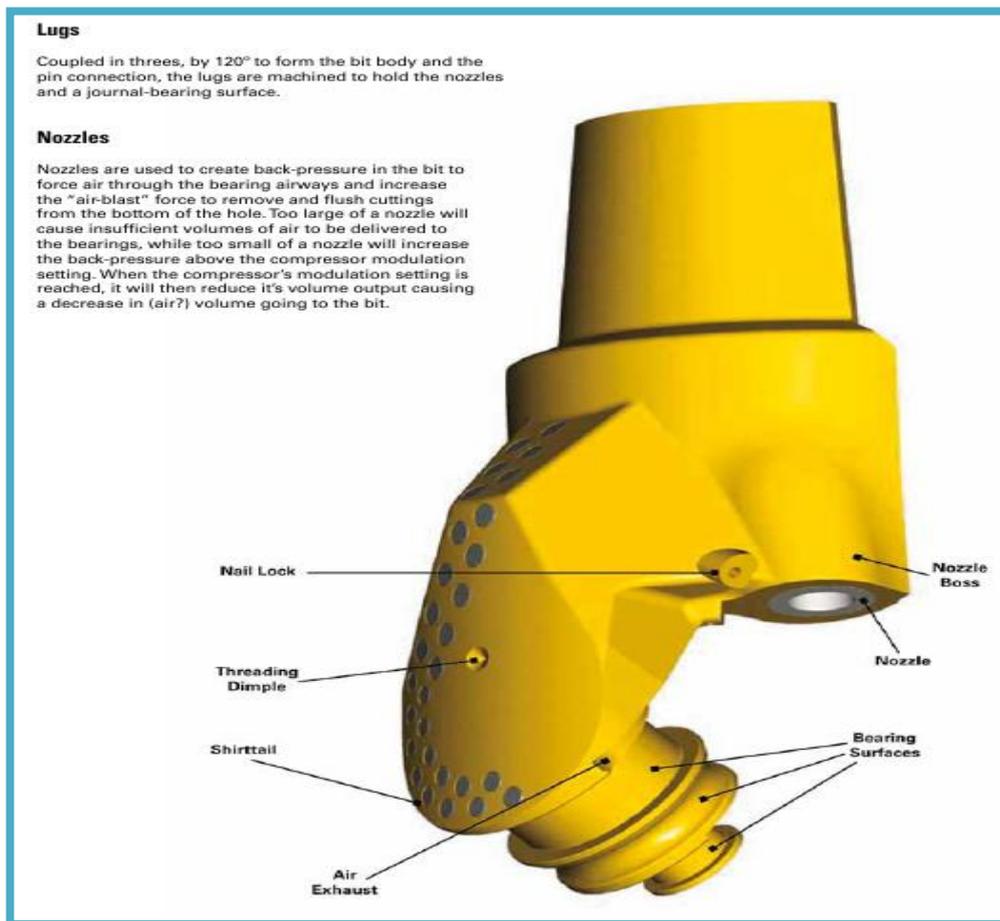
#### **Лапа долота**

Соединенный в тройках, 120€, чтобы сформировать разрядное тело и связь булавки, тяга обработана, чтобы держать носики и поверхность опорного подшипника.

#### **Промывочная насадка**

Насадки используются для создания обратного давления в долоте, чтобы выпустить воздух через подшипник дыхательных путей и повышение "воздуходувную" силу для удаления вырезки из нижней части отверстия. Слишком большая насадка будет вызывать объемы недостаточного воздуха доставляемый в подшипники, в то время как слишком малая насадка увеличивает противодействие выше установки модуляции компрессора. Когда установка модуляции компрессора достигается, это позволит уменьшить его выпускаемый объем вызывая снижение в (воздухе?) объеме, идущий к долоту.

<sup>19</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 241-242.



## Породоразрушающие вставки

Вставки - фактические физические элементы, что осколок и ломает скалу. Вставки сделаны из вольфрамового порошка карбида и материала переплета кобальта, который принужден к разработанной форме, тогда спеченной. В зависимости от применения у вольфрамовых вставок карбида в данном бите будут форма и физические свойства подходящими лучше всего для скалы быть сверлившимся.

Конический. Коническая вставка используется прежде всего в породах среднем и средне твёрдом крепости. Это определяется в разрядной номенклатуре с С.

Фрезированный. Фрезиованные вставки используется в породах мягком /средней мягкости. Это - стандартная вставки используется в долотах предназначенного для мягких пород (40-е & 50-е) и определяется с F в разрядной номенклатуре.

### 2.3 Область применения и типы современных буровых работ. Роторные бурильные установки взрывных скважин

Компания Atlas Copco предлагает наиболее полную линейку поворотных скважинных бур в отрасли. С множеством конфигураций на выбор, вы можете найти идеальное решение для ваших нужд. Многие

модели могут быть сконфигурированы либо для роторного или DTH бурения, и наши скважинные продукты будут сверлить отверстия от 4 дюймов до 16 дюймов в диаметре.



При выборе буровой установки, вы можете иметь выбор между компрессорами высокого давления для DTH бурения или низкого давления для установок вращательного бурения, а также между дизельным или электрическим энергоблоками. В зависимости от схемы размещения шпуров и высотой уступа, вы можете выбрать между бурами подходящими для угла бурения или одно- и многоходовых бурения. Некоторые модели буровой установки, такие как T4BH и серии DM, которые используют традиционные системы управления, хорошо известны по всей горнодобывающему сообществу для их прочной и надежной конструкции. Новые серии Pit Viper, с его более продвинутой конструкцией, могут быть оснащены компьютеризированной RCS системой управления сетью, которая открывает возможности для различных уровней бурильных автоматизации и коммуникации.

### **DM25-SP**

Atlas Copco DM25-SP (рис-10) является установкой на гусеничном ходу, самоходные, гидравлические привода поворотного стола, однопроходная роторная буровая установка специально разработаны для

4 д. до 6с д. (102 мм до 171 мм) скважинных приложений на глубинах до 40 футов. (12,2 м) или 50 футов. (15,2 м) чистого отверстия, в зависимости от выбора башни с или ротационными или с погружным пневмоударником. Давление подачи генерирует ниспадающее усилие до 25000 фунт-сила (111 кН). Дополнительный пакет углового бурения позволяет башни расположиться до максимум 15 ° от вертикали с шагом 5 °. Все элементы управления для позиционирования расположены на операторской консоли управления внутри кабины. Пакет включает в себя поддержку бурильной трубы<sup>20</sup>.



Рис-10. Буровой станок типа DM25-SP

#### Стандартное оборудование

- Просторная, теплоизолирующая и звук ослабленная кабина
- Кабина нагнетатель / обогреватель
- Гидравлически выдвигаемая вытяжка пыли с плитусов
- Пакет ночных освещения девять кварцевая галогенная
- Охлаждающий пакет мощностью до 125 ° F (52 ° C) температуры окружающей среды
- Тяжелый двигатель глушитель
- Отдельные воздухозаборные фильтры для двигателя и компрессора
- Удаленная гидравлическая башня заштифтовывание
- Вспомогательный гидравлический приводной цепной ключ (только единицами с погружным пневмоударником)
- 230 галлона (870 л) топливный бак
- Гидравлическое цилиндрическое зубчатое колесо и планетарный привод поворотный стол от 0 до 170 оборотов в минуту и максимальный крутящий момент 3500 фунт-сила • фут
- Три 48 в. (1219 мм) ход домкраты с 18 в. (457 мм) колодки
- 68000 фунтов (30845 кг) GVW номинальный экскаватор типа шасси

<sup>20</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 181-182.

- 19,7 в. (500 мм) в ширину тройника грунтозацепами
- Отдельные воздухозаборные фильтры для двигателя и воздушного компрессора
- Усиленная рама трек прямоугольной стальной с осцилляция хомут монтажа
- Полная длина Келли бар и под келли
- обслуживание дефиле Палуба с перилами
- Звуковой сигнал заднего хода

### Технические данные

<b>Метод бурения</b>	<b>вращательный или</b>	ДТН - за один проход
Диаметр отверстия	4 в - 7 в	102 мм - 178 мм
Гидравлическая подача бурового инструмента	25 000 lbf	111 кН фунт-сила
Вес на долото	25000 lb	фунт 11300 кг
Гидравлический отъезд	25 000 lbf	111 кН фунт-сила
Одно глубинный проход	40 ft 50 ft	12,2 м или 15,2 м
<b>Максимальное отверстие</b>		
Глубина	40 ft in 50 ft	12,2 м или 15,2 м
Скорость подачи	72 ft / min	0,36 м / сек
Поворотный стол, крутящий момент	3500 lbf • ft	4,7 кНм
Расчетная масса	62000 ft	28 тонн
<b>Размеры башни до(50 футов башня)</b>		
Длина	30 ft	6 в 9.3 м
Высота	74 ft	22,6 м
Ширина	12 ft	8 в 3,9 м
<b>Размеры башни вниз(50 ft башня)</b>		
Длина	72 ft	21,9 м
Высота	13 ft	4,0 м
<b>Диапазон компрессора</b>		
Низкое давление, ротационный	900 CFM @ 110 фунтов на квадратный дюйм	25.4 m3/min@7.6 бар
Высокое давление,	ДТН 900 CFM @ 350 фунтов на квадратный	25,4 м3 / мин @ 24 бар

	дюйм	
<b>Двигатель(Tier III)</b>		
Caterpillar	C15	425HP / 317 кВт @ 1800rpm (LP 900)
Cummins	QSX15	425HP / 317 кВт @ 1800rpm (LP 900)
Caterpillar	C15	525HP / 391 кВт @ 1800rpm (HP 900)
Cummins	QSX15	525HP / 391 кВт @ 1800rpm (HP 900)

### DM30 II

DM30 II представляет собой улучшенную и модернизированную версию DM30. Это на гусеничном ходу, гидравлический привод, tophead многопрохода Роторная буровая установка специфически предназначена для производства шпуров бурения на глубину 90 футов. (27,4 м) с 30 футов. (9,1 м) изменения бурильной трубы. Четырехпозиционный переключатель бурильной трубы опционально доступна для достижения бурения глубины 150 футов. (45,7 м). Номинальный размер отверстия в 5. До 7-7 / 8 дюйма. (127 мм до 200 мм). DM30 II генерирует немного нагрузки силой до 30000 фунт-сила (133 кН). Дополнительный пакет углового бурения позволяет башни расположиться до максимум 30 ° от вертикали с шагом 5 °. Предназначен для разработки карьеров и малых горных работ, это универсальное долото может быть легко загружен на трейлер и перемещаться из одного места в другое.<sup>21</sup>

#### Основные обновления

- Новая больше, теплоизолирующая кабина установлена на правой стороне держателя (если смотреть со стороны сверла).
- Электрическая гидравлическая система управления, аналогично тому, что используется на других установках в DM-серии
- Дополнительный способ хода и увеличенная площадь палубы для улучшенного доступа к сервису и техническому обслуживанию.
- Улучшенный пакет сверления дополнительный угол, позволяет башню располагаться до максимума 30° от вертикали с шагом 5°
- Новый длительный срок службы основной каркас разработан с двутавровых балок, показывая колебаний ядро крепления.
- Увеличенные гидравлически поднятый пыль капот с плитуса обеспечивает больше места для черенков.

<sup>21</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 183-184.

- Новая конструкция с гидравлическим двигателем для карусельной индексации.
  - С дополнительными винтовыми компрессором низкого и высокого давления, с высокой закрытой температурой воздуха.
  - Новый 14 раздел направленная клапанная система.
  - Стандартная центральная смазка коллектора
- Стандартное оборудование
- Кабина нагнетатель / обогреватель / вентилятор
  - Одиннадцать кварцевое галогенное ночное освещение пакет
  - Вспомогательный подъем для бурильных труб и аксессуаров обработки
  - Охлаждающий пакет мощностью до температуры окружающей среды 125 ° F (52 ° C)



- Сверхмощный двигатель глушитель
- Отдельные воздухозаборные фильтры для двигателя и воздушного компрессора
- Удаленная гидравлическая башня пиннинга
- Гидравлический индексированный карусель для двух 4S, 5 или 5-S в. OD x 30 футов. Буровой штанг
- Удаленная гидравлическая вилка патрон для бурильных труб прорыве
- Гидравлический приводом вспомогательный цепной ключ
- 230 галлонов (870 л) топливный бак
- Вращающаяся головка с одной неподвижным или переменным двигателем смещения с 0 до 160 оборотов в минуту доступны, и максимальным крутящим моментом 5,400 фунт-сила • фут
- Три 48 в. (1219 мм) Гнезда хода нивелирования
- 77000 фунтов (34650 кг) GVW номинальный экскаватор типа шасси
- 19,7 в. (500 мм) в ширину тройника грунтозацепами
- Усиленная рама трек прямоугольный стальной с осцилляция ярма монтажа
- Обслуживание мостки с перилами
- Сигнал заднего хода

Технические данные

<b>Метод бурения</b>	<b>вращательный или</b>	<b>DTH - за один проход</b>
Диаметр отверстия	5 in - 7 7/8 in	127 mm - 200 mm
Гидравлическая подача бурового инструмента	30,000 lbf	133 kN
Вес на долото	25000	фунт 11300 кг
Гидравлический отъезд	10,000 lbf	44 kN
Одно глубинный проход	30,000 lb	13,600 kg
<b>Максимальное отверстие</b>		
Глубина	26 ft	7.9 m
Скорость подачи	150 ft	45 m
Поворотный стол, крутящий момент	100 ft/min	0.5 m/s
Расчетная масса	70,000 lb	31.5 tonnes
<b>Размеры башни верхний</b>		
Длина	28 ft 7 in	8.7 m
Высота	45 ft 2 in	13.8 m
Ширина	16 ft 11 in	5.2 m
<b>Размеры башни вниз</b>		
Длина	44 ft 11 in	13.7 m
Высота	16 ft 8 in	5.1 m
<b>Диапазон компрессора</b>		
Низкое давление, ротационный	Rotary 1050 cfm@110 ps	29.7 m <sup>3</sup> /min@7.6 bar
Высокое давление,	DTH 900 cfm@350 psi	25,4 м <sup>3</sup> / мин @ 24 бар
<b>Двигатель(Tier III)</b>		
Caterpillar	C15	475HP / 317 кВт @ 1800rpm (LP 900)
Caterpillar	C15	525HP / 391 кВт @ 1800rpm (HP 900)

### **PIT VIPER 275 RCS**

Система управления Rig PV-275 (RCS) предназначена для обработки 6-j "до" 8-5/8 дюймовых буровых штанг. Кабельная система подачи использует двойной стержень / двойной поршневой цилиндр и предлагает высокие скорости подачи для повышения производительности. PV-275 RCS предлагает башню многоходовую с общей глубиной мощностью 195 футов через каруселью 4-стержневой с 40-футовый стержней. Эта версия машины стандартно поставляется с новой кабиной, которая полностью интегрирует RCS с возможностью в

полной мере включать следующие функции: беспроводной пульт дистанционного управления, автоматическое выравнивание, автоматическое бурение, и GPS-навигации.<sup>22</sup>

#### Стандартное оборудование

- Просторная кабина теплоизолирующая с навесом для защиты оператора от падающих предметов и снижение уровня шума менее 70 дБ (А)
- Стул экскаваторного стиль и элементы управления для повышения комфорта и видимости
- Стандартная кабина нагнетатель / вентилятор / обогреватель с возможностью обновления компенсатор давления
- Caterpillar 345SL ходовая часть с гидравлическими натяжителями трека
- Гидравлические цилиндры приводом кабельной системы подачи
- Гидравлический двигатель приводом вращающаяся головки с шлицевой смазкой, максимальный 8700 фунт-фут крутящего момента; Диапазон скоростей 0 - 150 оборотов в минуту
- Тахометр с роторной головкой интегрированный в систему RCS
- Удаленная гидравлическая башня заштифтовывание
- Четыре стержневой карусель для 6-дюймов к 8-5/8дюймовой буровой штанге
- "Без ударный" устройство карусельного типа для автоматической замены буровых штанг
- Гидравлическим приводом ключа отвинчивание (вилка Патрон)
- Автоматический вспомогательный гидравлический цепной ключ
- 8000 фунтов (3629 кг) емкость вспомогательного подъема
- Гидравлически убирающиеся шторы пыли
- Пакет охлаждения
- Отдельные воздухозаборные фильтры для двигателя и воздушного компрессора
- Широкий угол структурной стальной балки рамы с колебанием хомута монтажа
- 14-свет пакет ночного освещения - 70 Вт галогенные
- Полные подиумы мостки услуги и ограждение
- Два 48 "(1,2 м) и один 60" (1,52 м) домкраты хода нивелирования
- 350 галлон США (+1325 л) топливный бак

#### Технические данные

Метод бурения	вращательный или ДТН - за один проход	
Гидравлическая подача бурового инструмента	6 3/4 in – 10 5/8 in	171 мм - 270 мм

<sup>22</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 у. pages 195-196.

Вес на долото	70.000 lbf	311 кН
Гидравлический отъезд	75. 000 lb	34.000 кг
Одно глубинный проход	35.000 lbf	156 кН
Максимальное отверстие	37 ft	11.3 m
Глубина	195 ft	59.4 м
Скорость подачи	127 ft/min	0,6 м / сек
Поворотный стол, крутящий момент	8.700 lbf •ft	11.8 кНм
Расчетная масса	185, lb	84 тонн
<b>Размеры башни верхний</b>		
Длина	41 ft 6 in	12.6 м
Высота	67 ft	20.4 м
Ширина	18ft 4 in	5.6 м
<b>Размеры башни вниз</b>		
Длина	63 ft 1 in	19.4 м
Высота	22 ft 1 in	6,7 м
<b>Показатели компрессора</b>		
Низкое давление, ротационный	1,900 cfm@110 ps	53.8 м3/min@7.6 бар
Низкое давление, ротационный	2,600 cfm@110 psi	73.6 м3/min@7.6 бар
Высокое давление, ДТН	1,450 cfm@350 psi	41.1 м3 / мин @ 24 бар
<b>Двигатель(Tier III)</b>		
Caterpillar	C27	800HP / 597 кВт @ 1800rpm (LP 1900)
Cummins	QSK19	755HP / 563 кВт @ 1800rpm (LP 1900)
Caterpillar	C32	950HP / 708 кВт @ 1800rpm (HP 2600)
Caterpillar	C27	800HP / 597 кВт @ 2100rpm (HP 1450)
Weg motor	6808	700HP / 521 кВт @ 50 or 60Hz
Weg motor	6811	900HP / 671 кВт @ 50 or 60Hz



Secoroc вращательные бурильные колонны

## **2.4 Применение автоматизированных программ в буровых оборудованях.**

### **Автоматизированное бурение взрывных скважин**

Компания Atlas Copco представила ряд новых буровых установок для Отдела Буровых Решений с использованием единой технологической платформы. Такой подход позволяет разрабатывать новые функциональные возможности для буровых установок. Нынешнее поколение машин предназначено для обеспечения высокой производительности, качества бурения и комфортной рабочей среды для оператора.<sup>23</sup>

Платформа автоматизации для шпур бурового оборудования Atlas Copco является система управления Rig (RCS), которая основана на стандартной компьютерной вычислительной технике. Новое поколение RCS установок принял квантовый скачок вперед относительно возможности регистрации, возможности обслуживания и точности бурения. Технология CAN-шина обеспечивает основу этой новой системы управления буровой установки. Она является гибкой и легко расширяемой, позволяя новым блокам добавляться в любом месте вдоль шины данных по кабелю.

---

<sup>23</sup> Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. pages 30-35.



Рис-11. Расположение системы RCG в кабине. Расположение пульта управлений систем.

Электронные модули все разработанные исключительно для буровых установок RCS, и износоустойчивые и защищены от внешних магнитных и электрических воздействий. Для поверхностных скважинных машин, гибкость системы сильно используется и может быть адаптирована и настроена для всех различных видов продукции. Клиенты могут начать на низком уровне автоматизации и, как их требования меняется, можно обновить. Новые функциональные возможности могут быть добавлены без существенного восстановления машин.

**Общая** автоматизация всех Pit Vipers могут быть оборудованы с RCS Basic, который обеспечивает ряд функций безопасности и блокировки и ряд параметров- Автоматический уровень, Автоматическое бурение, GPS-навигация, удаленный доступ к установке (АСР) и связи, беспроводной пульт дистанционного откатки, Измерять во время Бурения (ММР) файлы журналов данных, а также Международная система обмена данными раскопки пород (IREDES).

### **Средства обеспечения безопасности**

RCS Basic обеспечивает машину с дополнительными стандартными блокировками по сравнению с электросварных-гипергидравлических машин. Некоторые из блокировок, созданные с помощью программного обеспечения:

- Индикатор глубины скважины - показывает поворотное положение головы, а также глубину пробуренной скважины;
- Труба в скважинных блокировочных откатных вагонетках - вращающаяся головка должна находиться в безопасном положении, чтобы обеспечить доставку по штреку;
- Блокировка подъемного оборудования - труба в скважинах отключает функции подъемного оборудования для защиты машины, и уменьшить изгиб стержней;

- Штанговая поддержка блокировки - предотвращает повреждение поворотной головки и опорный стержень, не позволяя фрезерование с поддержкой штанги не в походном положении;
- Поворотное загрузочное устройство без-шишки - не позволяет предотвратить повреждение поворотного загрузочного устройство, ограничивая ниспадающее давление с каруселью не в походном положении;
- Защита от выхода ключ из отверстия - предотвращает повреждение секционного ключа, отключив подача бурового инструмента с гаечным ключом не в походном положении;
- Информация двигателя и электрического двигатель отображается над сенсорными экранами технического обслуживания экрана;
- Низкий уровень топлива, смазки и уровня воды сообщений; а также
- Блокировка выварочного эталона, поэтому пусковое устройство должен быть активирован, чтобы позволить функцию выварочного эталона.

### **Автобурение**

Во многих случаях есть несколько типов из горных условий в пределах одного скважин, и оператор должен быть внимательным в любом случае реагировать на них переменное состояние забоя скважин. С Автобурением, компьютерами теперь операторы, реагирующие на обратную связь от мер машины. Особенность автобурении имеет воспроизведенный реакции опытного оператора в автоматический контроль за бурению. Когда активировано, эта функция обнаружит скалу, когда долота коснется земли, и начните свой воздух, воду, вращение и питайтесь, чтобы схватить отверстие. После того, как расстояние с воротником было встречено, тогда этот модуль будет регулировать, воду, вращение и питаться к урегулированию бурения. Это особенность применится оптимальный со спуском и вращение, чтобы попытаться сверлить с такой скоростью, как возможный, не останавливая вращение или застревание. Как только целевая глубина имеет хит, особенность автобурению уберет отверстие или поток отверстие, отключенное воздух и вода и затем возвращают долота безопасное положение.

Эта особенность обеспечивает последовательность из бурения к правильной глубине скважин и последовательный поток воды, чтобы поддержать скважин, таким образом, это не разрушается. В настоящее время это доступно для единственной бурению прохода луг и бурение мультипрохода, хотя ручное изменение прута должно быть внесено в на этот раз.

### **Измерение во время бурения**

Измерение в процессе бурения (MWD), каротаж страты, регистрирует несколько параметров буровых во время эксплуатационного бурения, и данные могут быть использованы для прогнозирования геологических и геохимических вариаций в рамках моделей буровых на берме. Это может помочь определить силу этого конкретного типа

породы. Масса породы также пересечена разломами и погрешностью, которые сильно влияют на условия горной массы и, следовательно, технические аспекты, такие как зарядка и взрывные работы сетки отверстий при сверлении. Эти данные, при интеграции с планом взрывных работ, должны влиять на взрывной заряд и удельной плотности применяются на всей сетки, которая, в свою очередь влиять на погрузки, транспортировки и переработки руды.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие способы бурения используются для бурения взрывных скважин.
2. Типы буровых установок компании Atlas copco?
3. Какие способы автоматизации используется при бурении взрывных скважин?

#### **Используемые литературы:**

1. Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. – 301p.

### **3-тема: Анализ современного состояния рынка поставок карьерной техники в мире и их использование**

#### **План:**

1. История выемочно-погрузочных машин для добычи
2. Типы, технические показатели и область применения современных механических экскаваторов
3. Типы, технические показатели и применения драглайнов в горном помышлении
4. Анализ состояния международного рынка наиболее востребованного в мире оборудования для открытых работ, определения некоторых тенденций его дальнейшего развития

#### **Ключевые слова:**

Горная порода, массив, транспорт, оборудования, погрузка, выемочно-погрузочные работы, механические экскаваторы, технические показатели, драглайны.

### **3.1 История выемочно-погрузочных машин для добычи**

#### **Анализ современного состояния мирового рынка поставок выемочно-погрузочного карьерного оборудования (мехлопаты и драглайны)**

Выемочно-погрузочное оборудование циклического действия.

К классу оборудования этой категории относятся, прежде всего: карьерные механические лопаты, колесные одноковшовые фронтальные погрузчики, гидравлические прямые и обратные лопаты, а также гусеничные экскаваторы – драглайны, имеющие сравнительно ограниченные параметры (вместимость ковша и длину стрелы), подчас и шагающие экскаваторы специального исполнения с устройством прицельной разгрузки ковша, позволяющим использовать их и для погрузки материалов непосредственно в транспортное средство – автосамосвал или полувагон, минуя приемный бункер, а также мощные шагающие драглайны.

По оценкам компании Caterpillar, сравнительное позиционирование вышеупомянутого оборудования по стоимости погрузки 1 т породы в автотранспортное средство соответствующей их потенциалу грузоподъемности (при номинальных условиях эксплуатации), выглядит следующим образом: электрическая механическая лопата 100% (0,05-0,07 у.е./т - при оптимальной высоте уступа, удовлетворительно взорванном материале, крепком основании подошвы уступа и при обязательном задалживании бульдозера для зачистки зоны забоя и погрузки – надежное и эффективное средство для многолетней эксплуатации – 10-30 лет); колесный фронтальный

погрузчик 160-170% (0,08-0,12 у.е./т – при погрузке хорошо взорванного материала, сухой прочной подошве уступа – высококомобильное погрузочно-транспортующее средство при сроке эксплуатации до 5-7 лет); гидравлические прямые и обратные лопаты 200-214% (0,1-0,15 у.е./т – при работе на надлежащих по высоте забоях или глубинах уступа ниже уровня стояния соответственно, в стесненных условиях погрузки, ограниченных дистанциях переездов и необходимом применении бульдозера для зачистки зоны забоя и погрузки – эффективные машины с высоким усилием вырыва, наиболее пригодные для селективной разработки сложно-структурных участков горных разработок).

#### Экскаваторы - прямые механические лопаты

Прямые механические лопаты, до недавнего времени, наиболее распространенный тип выемочно-погрузочных машин на открытых разработках всего мира для разработки плотных горных пород без предварительного рыхления, а также мерзлых, полускальных, скальных пород и особо плотных руд с предварительным их рыхлением, в том числе и в зонах с суровыми климатическими условиями, при низких температурах окружающей среды.

В последние годы, объемы их применения снижаются в пользу все более активно развивающихся новых типов выемочно-погрузочных машин - мощных гидравлических экскаваторов – прямых и обратных лопат, а также и мощных колесных ковшовых погрузчиков.

Первый экскаватор с паровой силовой установкой, рабочим оборудованием прямая механическая лопата с реечным напором и ковшем 1,14 м<sup>3</sup>, исходная механика движения которого сохранилась неизменной и в современных образцах мехлопат, был создан в 1837 г фирмой Otis (рис. 1). В России первый экскаватор был построен на Путиловском заводе в 1910 г. В настоящее время мировое производство механических лопат сосредоточено только в США, Китае, России и Украине - компаниями Caterpillar, P&H - Surface Mining (Joy Global), ТУНІ, ИЗ-КАРТЭКС, УЗТМ и, по спецзаказу, на НКМЗ.

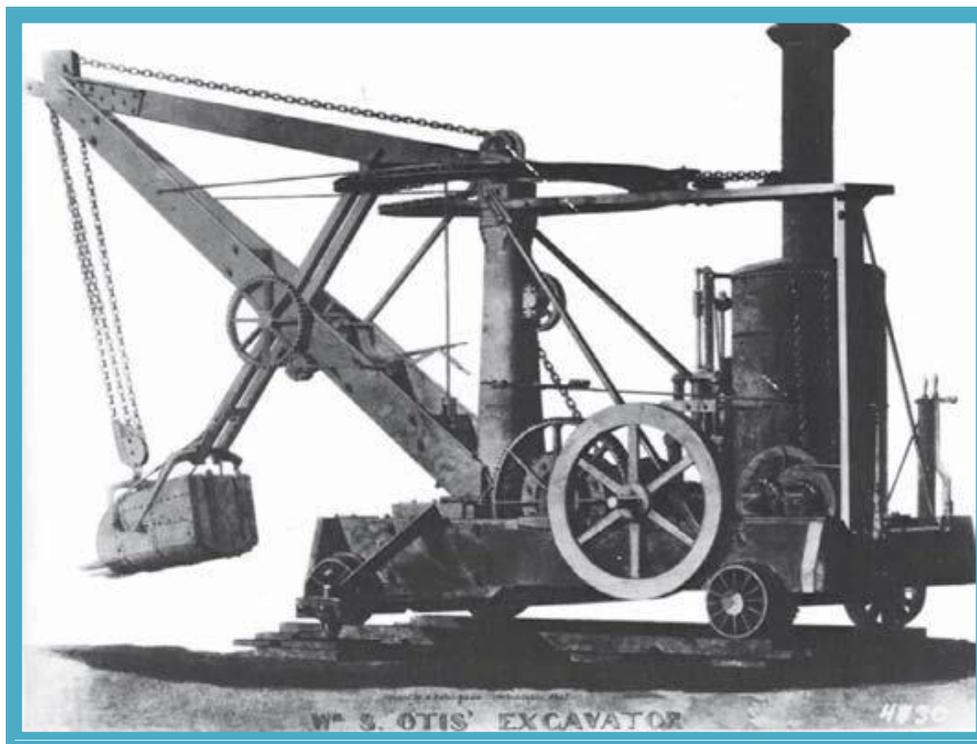


Рис. 1. Прямая механическая лопата Otis с реечной системой напора и паровой силовой установкой



Рис. 2. Карьерная механическая лопата 495HF компании Caterpillar с гидравлическим напорным механизмом «HydraCrowd»

Основные требования для эффективной эксплуатации современных электрических прямых лопат: максимальная высота уступа – не более верхней точки расположения головного блока стрелы; время цикла – 28-40 с (среднее 35 с); коэффициент наполнения ковша в хорошо взорванном забое – 100-105%; наиболее эффективное сочетание с загружаемым транспортным средством – 3-5 ковшей; наиболее благоприятные условия работы в забое – односторонняя погрузка на

уступе оптимальной высоты с хорошо взорванной горной массой, на удовлетворительно выровненной, устойчивой и хорошо зачищаемой вспомогательным средством подошве с достаточным пространством у забоя, для свободного маневрирования автотранспорта. Неблагоприятными условиями их эксплуатации являются: плохо взорванный массив с неровным основанием подошвы, уступ недостаточной высоты, смешанная постановка автотранспорта под загрузку на плохо или не зачищаемой подошве с ограниченным пространством для маневрирования автотранспорта в условиях тесного забоя.

### **3.2 Типы, технические показатели и область применения современных механических экскаваторов**

#### **Основные производители механических лопат**

Компания Caterpillar приступила к производству карьерных механических лопат в 2011 г, после приобретения ею компании Bucyrus International. С той поры на ее бывших заводах в г. Milwaukee (США), выпускаются прямые механические лопаты как с речным напором (с рабочим оборудованием лопат, присоединенной в 1997 г компании Marion, в частности, модели 182М с ковшами вместимостью 7-18 м<sup>3</sup>), так и с традиционным для экскаваторов Bucyrus канатным напором, а также с новой гидравлической системой напора «HydraCrowd» (рис. 2), запатентованной и изготовленной компанией Bucyrus и запущенной в эксплуатацию на карьере нефтяных песков штата Северная Альберта, Канада (2007 г).<sup>24</sup>

У вышеупомянутого экскаватора с гидравлической системой напора гидроцилиндр ( $D = 360$  мм) со штоком ( $D = 250$  мм), находящийся внутри трубчатой рубашки ( $D = 1500$  мм), прикреплен шарнирно к ее торцу, а его шток к выдвигаемой трубе рукояти ( $D = 920$  мм), перемещающейся в направляющих седлового блока, который соединен с трубчатой рубашкой и имеет осевую опору на стреле. При подаче масла в подпоршневую полость цилиндра, осуществляется выдвижение штока и, соответственно, рукояти на полную его длину 6,2 м со скоростью до 0,66 м/с и напорным усилием на ковш до 1225 кН.

Система "HydraCrowd" обслуживается маслостанцией с четырьмя нерегулируемыми аксиально-поршневыми насосами ( $p = 24,5$  МПа,  $Q = 1892$  л/мин), регулируемым электромотором переменного тока мощностью 520 кВт, размещаемыми у основания стрелы. Расчетный срок службы гидроцилиндра до первого ТО (по уплотнениям) – два года. Одно из преимуществ данной системы подачи по сравнению с канатной - в отсутствии канатов, которые приходится менять через каждые 1500-1800 ч эксплуатации экскаватора, при существенной трудоемкости их

<sup>24</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 8-12

обслуживания и замены. Применение гидравлической системы напора, также как и канатной, особенно способствует весовой разгрузке рабочего оборудования, и в сравнении с речной системой напора, дает существенное снижение момента инерции при повороте платформы, что позволяет сократить время поворота на выгрузку и обратно, а, следовательно, снизить время цикла экскавации.

Компания Cat предлагает ковши конструкции FastFil (рис. 3) с оптимизированной геометрией фронтальной части режущей кромки, предназначенной для облегчения зачистки подошвы забоя и снижения сопротивления его внедрению. Он имеет трапецеидальное уширение поперечных сечений по направлению к днищу, что способствует ликвидации пустот при наполнении ковша и увеличивает коэффициент его наполнения до 100% и более.

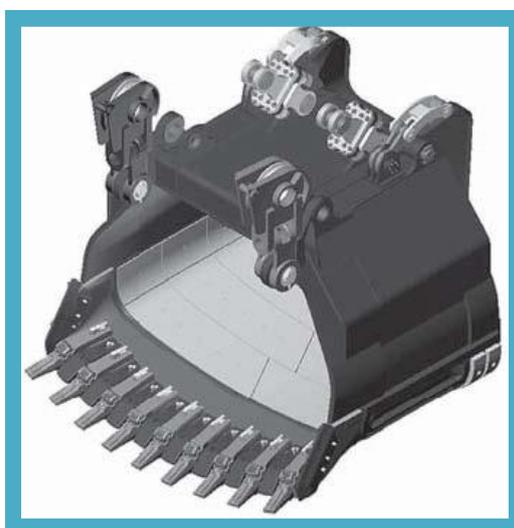


Рис. 3. Ковш конструкции FastFil с оптимизированной геометрией

Канатные экскаваторы Cat® с электрическим приводом выпускаются 5-ти базовых типоразмеров (табл. 1) и используются, в основном, для погрузки горной массы в карьерные автосамосвалы в процессе вскрытия и добычи полезных ископаемых. Компания Caterpillar сохранила существовавшую ранее цифровую маркировку типоразмеров экскаваторов компании Bucyrus, но добавила впереди к ней цифру 7, характеризующую принадлежность их к классу механических лопат, в отличие от гидравлических, маркировка которых начинается с цифры 6 и драглайнов, начинающейся с цифры 8.



Рис. 4. Карьерные прямые механические лопаты Cat 7295; Cat 7395

Таблица 1  
Основные базовые типоразмеры карьерных механических лопат  
компании Cat

Модель	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Масса груза в ковше, т	Макс. радиус копания, м	Макс. высота копания, м	Рабочая масса, т
7295*	18,4-39,0	45,4	21,8	15,6	789,25
7395	19,1-61,2	63,5	23,3	16,7	1179,34
7495HD	19,1-61,2	81,8	24,0	17,3	1306,34
7495; 7495HF	30,6-61,2	100	25,0	18,0	1372,12

Примечание: \* модель 7295, помимо канатной системы напора может иметь также и речную модификацию; модель HF имеет уширенные траки и сниженное удельное давление на грунт.

Одна из основных особенностей мехлопат Cat заключается в применении электрооборудования переменного тока с модулями IGBT (Insulated gate Bipolar Transistor), использующими биполярные транзисторы с изолированным затвором, имеющего преимущества над машинами с приводами постоянного тока, в частности:

- более высокую производительность за счет более высокой скорости работы вследствие отсутствия ограничений, накладываемых процессами коммутации, характерными для приводов постоянного тока, что обеспечивает и более высокий КПД;<sup>25</sup>

- более высокий коэффициент технической готовности, как правило, более 98%, за счет увеличения среднего времени безотказной работы и снижения времени на ремонт, поскольку IGBT-модули не требуют регулярного технического обслуживания, сводящегося в данном

<sup>25</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 14-17

случае, только к смазке и замене подшипников каждые 30 тыс. ч, а IGBT-модули являются взаимозаменяемыми для активных выпрямителей и инверторов;

-более высокую надежность, благодаря меньшей чувствительности к колебаниям напряжения и машины на переменном токе продолжают работать при мгновенных изменениях напряжения в диапазоне от -20 до -30%;

-большую эффективность, за счет 10% экономии электроэнергии в сравнении с приводом постоянного тока, в течение всего срока службы экскаватора, поскольку привод на переменном токе обеспечивает коэффициент мощности, равный 1,0 (нулевые потери эффективности) по сравнению с коэффициентом 0,95, характерном для приводов постоянного тока.

Все горное оборудование компании оборудуется высокоточными приборами GPS-навигации - CAT MS Terrain, а экскаваторы и погрузчики компании - приборами управления - Terrain for Loading (CAES), предназначенными для:

- выполнения виртуальной задачи по выемке материала, подаваемой из диспетчерской;
- выдерживания конечного профиля забоя;
- четкой отгрузки из сложных забоев материалов различного качества в самосвалы, направляющиеся в соответствующие пункты назначения (фабрику, отвал, рудный склад);
- автоматического обновления электронной модели карьера по мере отработки рудных блоков забоя;
- передачи отчета о проделанной работе.
- 



Рис. 5. Экскаватор 495HD компании Cat (Висугус) на угольном разрезе «Тугнуйский»

В РФ на разрезе «Тугнуйский» ОАО «СУЭК» с 2010 г. работают две мощные карьерные механические лопаты с канатным напором, поставленные еще компанией Bucyrus. Один из двух экскаваторов 495HD №1 (рис. 5) в 2013 г установил рекорд по отгрузке вскрышных пород в автотранспорт около 2 млн. м<sup>3</sup>/мес.

Компания Surface Mining (P&H) – подразделение корпорации Joy Global Inc. предоставляет на рынок модельный ряд карьерных электрических механических лопат с речным напором 5-ти базовых типоразмеров (табл. .

Таблица 2

Модельный ряд электрических карьерных экскаваторов компании P&H

Модель	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Масса груза в ковше, т	Макс. радиус копания, м	Макс. высота копания, м	Рабочая масса, т
2300ХРС	18,3-25,5	45,4	21,3	13,6	775
2800ХРС	26,8-33,6	59,0	24,2	16,6	1079
4100С	42,8-47,7	81,6	24,7	15,8	1243
4100С BOSS	44,3	60,7	23,9	16,8	1459
4100ХРС	52,8-61,2	108,9	23,9	16,8	1532

С 2007 года компания Joy Global Inc., Surface Mining (P&H) приступила к оснащению своих карьерных экскаваторов приводами переменного тока, что позволяет значительно удешевить и упростить их техническое обслуживание и соответствует мировым тенденциям. Управление основными движениями экскаваторов P&H осуществляется с помощью джойстиков-контроллеров.



Рис. 6. Самая мощная модель карьерной механической лопаты с речным напором 4100ХРС компании P&H (а)



Рис. 7. Кабина машиниста экскаватора Р&Н с графическим интерфейсом управления (б)

Для увеличения эффективности работы машиниста, экскаваторы Р&Н оборудуются системой «Centurion», обеспечивающей управление приводами и сбор данных с сети датчиков, размещенных по всей машине. Машинист имеет перед собой удобный в навигации графический интерфейс (рис. 7), с помощью сенсорного экрана которого, сочетающего в себе одновременно аппаратную и программную части, осуществляет цифровое управление работой систем экскаватора, обеспечивающее максимальные показатели во всем диапазоне скоростей, координирует движения напора и подъема, что позволяет сократить время цикла.

Система отслеживает координаты экскаватора, угол его наклона, температуру подшипников и масла в электродвигателях, собирает данные по производительности экскаватора, а также информацию о неисправностях. Специальный модуль системы «Centurion» следит за балансом усилий подъема и напора, не допуская появления «поддомкрачивания стрелы», приводящего к провисанию вантовой подвески.<sup>26</sup>

Подсистема «OPTIDIG» предотвращает заклинивание ковша в забое, автоматически позиционируя его в забое, обеспечивает равномерное движение ковша при черпании за счет регулирования выдвигания рукояти, а при возникновении непреодолимых препятствий, автоматически подает рукоять назад.

Подсистема «Payload» измеряет загрузку ковша, отслеживая массу горной массы в ковше и отклонение от заданного уровня, фиксирует средние показатели за смену, отображает эти данные на том же

<sup>26</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 21-24

сенсорном экране компьютера, что позволяет полностью использовать грузоподъемность автосамосвала при погрузке. Модуль системы «PreVail» контролирует исправность узлов экскаватора посредством дистанционного мониторинга, собирает, анализирует и передает данные о состоянии различных систем экскаватора в сервисный центр, благодаря чему сервис-инженеры быстро выявляют причину неисправности, оперативно ее устраняют и предотвращают появление ее в будущем.

Карьерные механические лопаты P&N 2300XP с ковшем 16 м<sup>3</sup> начали поступать на разрезы Кузбасса еще в 1982 – 1985 г. За последние годы на горные предприятия Кузбасса были поставлены 26 новых мощных экскаваторов, включая 9 мехлопат марки P&N 2300XP (емкость ковша 25 м<sup>3</sup>), 15 мехлопат марки P&N 2800XP (33,6 м<sup>3</sup>) и две мехлопаты марки P&N 4100XP (55,8 м<sup>3</sup>). В настоящее время эта новая техника работает на Бачатском, Талдинском и Кедровском разрезах компании «Кузбассразрезуголь», Сибиргинском разрезе компании «Южный Кузбасс», на Междуреченском разрезе компании «Междуречье», на Виноградовском разрезе Кузбасской топливной компании, на разрезе «Заречный» компании ОАО «СУЭК», на Черниговском разрезе компании «Черниговец».

Компания Surface Mining (P&N) предлагает клиентам услуги по поддержанию оборудования в полностью работоспособном состоянии в течение всего срока его службы, и для этого в Кузбассе построен Сервис-Центр компании, со складами запасных частей. Для этого в конце 2013 г запланировано открытие нового сервисного центра с ремонтными цехами.

Карьерные экскаваторы Тайюаньского завода тяжелого машиностроения (TZ) (Taiyuan Heavy Industry Co.)

Тайюаньский завод является основным производителем карьерных экскаваторов в КНР, предлагает модельный ряд из 9 типоразмеров карьерных экскаваторов прямая лопата с речным напором, с ковшами емкостью от 4 до 76 м<sup>3</sup>, оснащенных современным электроприводами переменного тока. Ростехнадзор разрешил применение экскаваторов типа WK-12, WK-20, WK-35 и WK-55 (табл. 3) на территории РФ. Дилером Тайюаньского завода в России и СНГ – компания «ТЗ-АВИК Сервис» – (AVIC International Aero-Development Corporation).

Таблица 3

Модельный ряд электрических карьерных экскаваторов  
Тайюаньского завода тяжелого машиностроения TZ

Модель	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Масса груза в ковше, т	Макс. радиус копания, м	Макс. высота копания, м	Рабочая масса, т
WK-12	10-16	35	18,9	13,6	485
WK-20	16-34	45	21,2	14,4	731
WK-27	23-46	59	23,4	16,3	907
WK-35	25-54	75	24	16,2	1020
WK-55	36-76	103	23,9	16,1	1460



Рис.8. Экскаватор WK-35 Тайюаньского завода TZ на Бачатском угольном разрезе

В сентябре 2010 г первый экскаватор типа WK-35 с ковшом 35 м<sup>3</sup> (рис.7) был поставлен на Бачатский разрез ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», где приступил к работе в режиме опытно-промышленной эксплуатации, успешно завершённой в июле 2011 г и продемонстрировал коэффициент технической готовности экскаватора около 95%. По результатам испытаний, ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» приобрело еще четыре экскаватора серии WK с ковшами 35 м<sup>3</sup>. Эти машины работают также на Талдинском и Краснобродском разрезах.

Карьерные механические лопаты ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова»

ИЗ-КАРТЭКС – крупнейший на территории России и стран СНГ производитель и поставщик карьерных электрических экскаваторов. С 1957 года им произведено и поставлено свыше 3500 карьерных электрических экскаваторов, из которых порядка 1200 по сей день

находятся в эксплуатации на горных предприятиях. Преимущественно - это машины с ковшами вместимостью 8-15 м<sup>3</sup>. За последние 15 лет с 2008 по 2013 г.г. компанией ИЗ-КАРТЭКС произведены и поставлены на рынок новые экскаваторы большой единичной мощности с ковшами вместимостью 12, 18 и 32 м<sup>3</sup>. Это - экскаваторы ЭКГ-12К, ЭКГ-18Р и ЭКГ-32Р, которые были разработаны в соответствии со стратегией развития компании. В стадии завершения рабочего проекта находится мощный инновационный экскаватор ЭКГ-50 с ковшом 60 м<sup>3</sup>. В 1985 г, на основе ЭКГ-12,5 был создан экскаватор ЭКГ-15 с ковшом 15 м<sup>3</sup>, до 2012 г их было произведено 108 единиц. В 1989 г был выпущен только один экскаватор ЭКГ-20И, созданный на базе экскаватора ЭКГ-15, а в 2010 г был изготовлен первый в истории завода экскаватор с напором речного типа ЭКГ-18Р и ковшом 18 м<sup>3</sup> (рис. 9, б). Всего были изготовлены 5 машин этого типоразмера.<sup>27</sup>

За период 2008-2013 г.г. компания поставила на горнодобывающие предприятия России, стран СНГ и Зарубежья порядка 146 экскаваторов с ковшами 10-18 м<sup>3</sup> из которых подавляющее большинство – 102 ед. с ковшом 10 м<sup>3</sup> (рис. 8, а), 6 ед. с ковшом 12 м<sup>3</sup>, 31 ед. с ковшом 15 м<sup>3</sup>, 5 ед. с ковшом 18 м<sup>3</sup> и только один экскаватор с ковшом 32 м<sup>3</sup>. Самая мощная механическая лопата с речным напором и однобалочной рукоятью ЭКГ-32Р (рис. 8, в) в 2011 г. была поставлена на Краснобродский разрез.



---

<sup>27</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 25-28



Рис.8. Экскаваторы ИЗ КАРТЭКС:

- а) самая массовая модель ЭКГ-10 с канатным напором
- б) экскаватор с речным напором и однобалочной стрелой ЭКГ-18Р на Талдинском разрезе
- в) экскаватор с речным напором и однобалочной рукоятью ЭКГ-32Р на Краснобродском разрезе

Принципиальной особенностью новой линии экскаваторов ИЗ-КАРТЭКС является возможность, в зависимости от требований заказчика и условий разработки, приобретения модели экскаватора либо с канатным (К) или речным (Р) исполнением рабочего оборудования в рамках единой базовой платформы. Модели экскаваторов отличаются только рабочим оборудованием (ковш, стрела, рукоять), устанавливаемым на поворотной платформе. Узлы экскаваторов унифицированы на 80 %.

В настоящее время ИЗ-КАРТЭКС, наряду с самым массовым в прошлом экскаватором ЭКГ-10 и достаточно распространенным ЭКГ-15, предлагает новую линейку продукции, состоящую из 4-х базовых моделей с модификациями - канатного (К) и речного (Р) напора (табл.4).

Модельный ряд электрических карьерных экскаваторов компании  
ИЗ-КАРТЭКС

Модель	Диапазон вместимостей ковша, м <sup>3</sup>	Масса груза в ковше, т	Макс. радиус копания, м	Макс. высота копания, м	Рабочая масса, т
ЭКГ-10	15-12,5	20	18,4	13,5	410
ЭКГ-15	8-18	30	22,6	15,8	700
ЭКГ-12К	6,3-16	30	18,6	15,0	410
ЭКГ-20К/18Р	18/16-28	40/38	22,6/21,7	17,3/16	700/710
ЭКГ-35К/32Р	20-45	63/57,6	24/24	19/19	1030
ЭКГ-50*	54-77	106	24,0	17,0	1550

Примечание: \*проектируется как модель с речным напором

На машинах ИЗ-КАРТЭКС нового поколения ЭКГ-12К, ЭКГ-20К/18Р и ЭКГ-35К применяется частотно-регулируемый электропривод постоянного (Тп-Д, Трп-Д) тока, а на экскаваторах ЭКГ-32Р и проектируемом экскаваторе ЭКГ-50 - электропривод переменного (ПЧ-АД) тока. Последний позволяет более существенно снизить расход электроэнергии, облегчить обслуживание элементов электропривода, обеспечить плавность работы машины, повысить её управляемость.

ЭКГ-12К традиционно имеет модификации: с удлиненным рабочим оборудованием ЭКГ-10ус для погрузки в транспортные средства, расположенные на уровне стояния экскаватора; ЭКГ-6,3у для погрузки в транспортные средства, расположенные на вышележащем горизонте. ЭКГ-12К в дальнейшем, будет заменен универсальным экскаватором ЭКГ-12М с приводами переменного (ПЧ-АД) тока и будет выпускаться в 2-х модификациях: базовой ЭКГ-12МР с речным напором и ЭКГ-12МК - с канатным напором.<sup>28</sup>

#### **Карьерные механические лопаты ОАО «УРАЛМАШЗАВОД»**

Производственная линейка карьерных гусеничных экскаваторов типа прямая лопата Уралмашзавода включает модели ЭКГ-5А, ЭКГ-12А, ЭКГ-18 и ЭКГ-30 (табл. 5).

<sup>28</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 32-36

Модельный ряд электрических карьерных гусеничных экскаваторов  
Уралмашзавода

Модель	Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	Масса груза в ковше, т	Макс. радиус копания, м	Макс. высота копания, м	Рабочая масса, т
ЭКГ-5А	4,6-6,3	35	14,5	10,3	196
ЭКГ-12А	12-16	45	21,0	15	655
ЭКГ-18	16-20	59	22,2	16,4	750
ЭКГ-30*	24-40	75	26	19,5	1250

Примечание: \*проектируется, с электроприводом переменного тока ПЧ-АД

Экскаватор ЭКГ-5А является самым массовым карьерным гусеничным экскаватором в мире: было выпущено более 13 тыс. единиц, в том числе с 1980 г. в количестве 4500 машин. Современные ЭКГ-5А прошли модернизацию и значительно отличаются от первых модификаций.

Первый экскаватор ЭКГ-12 с ковшом 12 м<sup>3</sup> (рис. 9 а), был введен в эксплуатацию на Черниговском разрезе в 1996 г. Всего было произведено 17 машин, поставленных преимущественно на железорудные предприятия. В 2011 году был изготовлен первый ЭКГ-18 (рис. 10 б), поставленный на Краснобродский разрез ОАО «УК «Кузбассразрезуголь». Всего было изготовлено 2 экскаватора этого типоразмера.



Рис.9. Экскаваторы типа прямая лопата с речным напором: а -ЭКГ-12 на разрезе Черниговский; б - ЭКГ-18 на Краснобродском разрезе УК «Кузбассразрезуголь»



Современные экскаваторы Уралмашзавода оснащаются системами электропривода постоянного (ЭКГ-12А) или переменного тока (ЭКГ-18) со статическими преобразователями и цифровой системой управления, что позволяет снизить энергопотребление при высоком уровне КПД и надежности, а также системами -информационной, видеонаблюдения, автоматических защит рабочего оборудования и централизованной автоматической смазки.

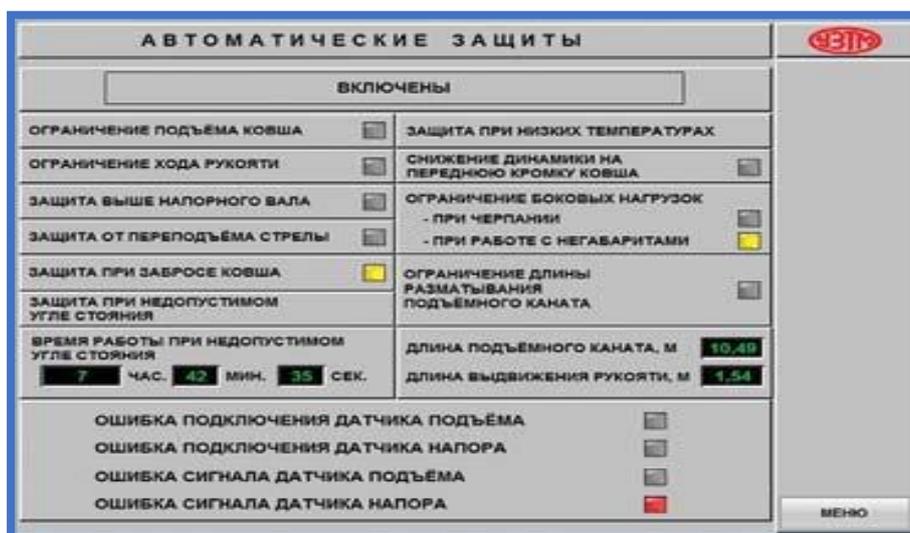


Рис.10 Экраны информационной системы экскаватора ЭКГ-12А: а – главный; б - автоматических защит рабочего оборудования

Сбор, обработка, хранение текущей информации о работе экскаватора, позволяющие отслеживать динамику изменения всех основных параметров, анализ данных о текущем состоянии механического и электрического оборудования, формирование и хранение списка предупредительных и аварийных сообщений с указанием времени и даты, отображаются на экране панельного компьютера машиниста (рис. 10 а).

Система автоматических защит рабочего оборудования экскаватора (рис. 10 б) имеет функции ограничения подъема ковша и хода рукояти, защиты стрелы от удара рукоятью выше напорного вала и при забросе ковша, ограничения боковых нагрузок при черпании и при работе с негабаритами, защиты от переподъемов стрелы. Система ограничивает также динамические нагрузки на переднюю кромку ковша.<sup>29</sup>

Оснащение системой автоматических защит и информационной системой позволяет обеспечить эффективную и надежную работу экскаваторов за счет информированности машиниста о состоянии механического оборудования и привода, возможности передать показатели работы экскаватора диспетчеру горного предприятия для корректировки производственного процесса в режиме on-line.

Одноковшовые экскаваторы – драглайны

### **3.3 Типы, технические показатели и применения драглайнов в горном помывленности**

#### **Экскаваторы – драглайны производства ОАО «УРАЛМАШЗАВОД»**

Экскаваторы – драглайны гусеничные ЭДГ-4.25 и ЭДГ-3,2.30 предназначены для разработки полезных ископаемых и пород вскрыши с перемещением их в отвал или с погрузкой в транспортные средства - имеют высокую степень унификации с базовой моделью карьерного экскаватора ЭКГ-5А, индивидуальный электрический привод всех основных механизмов от двигателей постоянного тока, питаемых по системе ГД. Стрелы у экскаваторов - решетчатой конструкции длиной 25 и 30 м, а ковши - вместимостью 4 и 3,5 м<sup>3</sup>. Максимальные подъемные/тяговые усилия соответственно составляют 172/191 кН и 118/220 кН. Полное время цикла экскавации - 42 с. Теоретическая производительность данных моделей - 340 и 220 м<sup>3</sup>/ч. При рабочей массе 177?182 т удельное давление на грунт при гусеницах шириной 1100 (1400) мм не превышает 0,165 (0,130) МПа. С 1999 г ОАО «Уралмашзавод» изготовил семь экскаваторов ЭДГ-3,2.30 и ЭДГ-3,2.30А (рис.11 а).

---

<sup>29</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 43-46



Рис. 11. Экскаваторы-драглайны производства УЗТМ: а - гусеничный драглайн ЭДГ-3,2.30; б - шагающий ЭШ 11.75; в - шагающий ЭШ 100.100

На базе карьерной мехлопаты ЭКГ-12 разработан проект гусеничного драглайна ЭДГ-8.55, предназначенного для разработки пород вскрыши с перемещением их в транспортные средства. Драглайн имеет высокую степень унификации с базовой мехлопатой, индивидуальный электрический привод всех основных механизмов от двигателей постоянного тока, питаемых по системе ГД. Стрела решетчатой конструкции длиной 55 м компонуется из трех секций, что в принципе создает возможность варьировать ее длину и вместимость сменного ковша 8 м<sup>3</sup> - для тяжелых и 10 м<sup>3</sup> - для легких пород. Концевая нагрузка 340 кН, усилие подъема стопорное 427 кН, усилие тяги стопорное 471 кН. Мощность сетевого двигателя 1250 кВт. Время цикла 50 с при повороте в отвал на 120°. Скорость передвижения 1,1 км/ч. При рабочей массе 600 т удельное давление на грунт при гусеницах шириной 1800 и 2200 мм, не превышает 0,225 и 0,185 МПа, соответственно.

Первый шагающий драглайн с ковшом вместимостью 3.5 м<sup>3</sup> и стрелой 36 м был создан на УЗТМ в 1946 г. Линейка шагающих драглайнов УЗТМ представлена 13-ю типоразмерами с ковшами вместимостью 11...100 м<sup>3</sup> и длинами стрел 75...130 м, в том числе шесть вариантов - с пониженными удельными давлениями на грунт. Номенклатура шести базовых моделей

представлена в табл. 6. Разработаны их модификации, отличающиеся удлиненными стрелами и ковшами уменьшенной вместимости: ЭШ 15.100; ЭШ 20.100 и ЭШ 15.110; ЭШ 30.110 и ЭШ 25.120; ЭШ 40.130.

Таблица 6

Параметры шагающих драглайнов ОАО «Уралмашзавод»

Наименование параметров	ЭШ 11.75	ЭШ 20.90	ЭШ 25.90	ЭШ 40.100	ЭШ 65.100	ЭШ 100.100
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	11	20	25	40	65	100
Длина стрелы, м	75	90	90	100	100	100
Концевая нагрузка, тс	33	63	77	125	205	300
Радиус черпания и разгрузки, м	71,4	83	85,4	94,8	97,6	97
Высота разгрузки, м	30,6	38,5	37,5	40	38,5	43
Глубина копания, м	38	42,5	47	47	46	47
Рабочая масса, т	843	1690	1900	3310	5460	10300
Среднее удельное давление на грунт под башмаками при передвижении, МПа	0,145	0,24	0,187	0,2	0,2	0,265
Среднее удельное давление на грунт под опорной рамой при работе, МПа	0,09	0,105	0,103	0,137	0,125	0,18
Мощность сетевого двигателя, кВт	1250	2500	2500	2x2250	4x2250	4x3600

За всю историю производства шагающих драглайнов на УЗТМ было выпущено 250 машин, наиболее крупной из которых стала модель ЭШ-100.100 (1977 г) на шагающем ходу с полным отрывом базы (рис. 11 в). Наиболее массовым драглайном производства УЗТМ была модель ЭШ 15.90, а ЭШ 11.75 – единственная модель, выпущенная с электромеханическим четырехзвенным кривошипно–шарнирным механизмом шагания. Начальная модель ряда – драглайн ЭШ 11.75 (рис. 11 б), за период с 2002 г. был изготовлен в пяти экземплярах. В 2012-2013 гг. два драглайна ЭШ 20.90С в «северном исполнении» поставляются в УК «Якутуголь» для работы на Эльгинском угольном месторождении.

С 1968 г. все модели драглайнов УЗТМ снабжаются трехгранной стрелой, выполненной из труб, с предварительно напряженным верхним поясом, имеющей более высокие надежность и эксплуатационно-технические показатели, чем вантовая, унифицированными лебедками тяги и подъема ковша и гидравлическими механизмами шагания с неполным отрывом базы, кроме проектируемых ЭШ 65.100 и ЭШ 100.100.

Экскаваторы – драглайны производства НКМЗ (Украина)

Номенклатура производства электрических шагающих драглайнов НКМЗ предусматривает выпуск шести базовых моделей с ковшами вместимостью от 6,5 до 20 м<sup>3</sup> (табл. 7) и с шарнирно-сочлененными стрелами, формируемыми из труб, шагающим ходом кривошипно-шатунного типа. Экскаваторы-драглайны предназначены для выемки грунтов от I до IV категорий крепости включительно при производстве вскрышных работ по бестранспортной системе с укладкой породы в выработанное пространство или на борт разреза, но грунты III и IV категорий должны быть предвари-тельно разрыхлены взрыванием. Параметрический ряд шагающих драглайнов НКМЗ эффективно перекрывает нишу моделей с малой вместимостью ковша отсутствующих в производственной линейке УЗТМ.<sup>30</sup>

Таблица 7

Параметры шагающих драглайнов НКМЗ

Наименование параметров	ЭШ6,5/4 5	ЭШ11/7 0	ЭШ14/ 50	ЭШ15/8 0	ЭШ20 /65	ЭШ 10/100
Вместимость базового ковша, м <sup>3</sup>	6,5	11	14	15	20	10
Длина стрелы, м	45	70	50	100	65	100
Концевая нагрузка, тс (не более)	16,5	30,4	33,3	42	51	28
Радиус черпания и разгрузки, м	43,5	66,5	46,5	76,5	61	93,5
Высота разгрузки, м	19,5	27,5	20,5	37	27	42
Глубина копания, м	22	35	21	45	32	50
Рабочая масса, т	280	720	620	1160	1100	1030
Среднее удельное давление на грунт под башмаками при передвижении, МПа	0,108	0,153	0,133	0,147	0,132	0,147

<sup>30</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 38-45

Среднее удельное давление на грунт под опорной рамой при работе, МПа	0,058	0,095	0,083	0,098	0,088	0,098
--	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Главные приводы драглайнов НКМЗ - на постоянном токе с тиристорным управлением возбуждения, а по требованию заказчика, они могут комплектоваться и приводами переменного тока с частотным регулированием скорости.

Для увеличения высоты обрабатываемого уступа на карьерах с транспортной системой разработки, НКМЗ предлагает новый вид экскаватора - шагающий драглайн погрузочного типа как для рыхлых, так и взорванных скальных пород в средства карьерного транспорта – автосамосвалы и ж-д. вагоны (рис. 12).



Рис. 12 Шагающие драглайны НКМЗ: а - ЭШ- 6,5/45 при погрузке в автотранспорт; б - ЭШ-15/80 – забое бестранспортной системы разработки

В 2012 г. НКМЗ приступил к постановке на производство более мощных экскаваторов ЭШ-15/90Н и ЭШ-20/90Н с шарнирно сочлененными стрелами и кривошипно-шатунными шагающими устройствами, увеличенными радиусами копания, высотами разгрузки и глубинами копания, соответственно 83.5; 38.5 и 42.5 м, а также рабочими массами 1200 и 1400 т.

Шагающие экскаваторы – драглайны компании Caterpillar

Компания Caterpillar, присоединив компанию Bucyrus, предлагает широкий выбор модификаций шагающих драглайнов, в основу которых заложены три базовые модели серий 8000, 8200 и 8750 (табл. 8). В 1969 г компания Bucyrus, выпустила самый большой драглайн в истории экскаваторостроения модель 4250-W (рис. 13) с ковшем 168 м<sup>3</sup> и стрелой 91.4 м. Драглайн передвигается на гидравлическом шагающем устройстве, с полным отрывом базы, проработал на угольном разрезе в

штате Огайо (США) более 40 лет с производительностью по вскрыше, достигавшей 30 млн. м<sup>3</sup>/год.



Рис. 13. Шагающие драглайны Caterpillar (Bucyrus): а - модель 4250-W; б - модель 8750

Современные драглайны Caterpillar применяют электрические приводы переменного тока с модулями IGBT, использующими биполярные транзисторы с изолированным затвором, и эксцентриковые механические шагающие устройства с независимыми бортовыми электроприводами, синхронизируемыми программируемыми командоаппаратами (PLC) центрального компьютера. Стрелы современных машин (табл. 8) отличаются от конструкций стрел ранних моделей драглайнов Bucyrus, имевших главные пояса, выполненные из герметизированных труб, работавших под внутренним давлением накачанной в них смеси азота и воздуха (для контроля их сохранности). Сегодня стрелы Cat изготавливаются прямоугольными в сечении, рыбообразной формы, с главными поясами из прокатных профилей и трубчатыми раскосами с внутренним давлением – следствие заимствования технологии построения стрел и стойки ее поддержки, присущей драглайнам компании Marion, приобретенной компанией Bucyrus еще в 1997 г.

#### Параметры шагающих драглайнов компании Caterpillar

Таблица 8

Наименование параметров	8000	8200	8750
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	31-32	45-61	76-129
Длина стрелы, м	76-84	76-100	109-132
Концевая нагрузка, тс	93,9-95	136-181	394-226
Радиус черпания и разгрузки, м	88,4	88,4-90	94-111
Высота разгрузки, м	42,7	45	52-62
Глубина копания, м	53,3	53,5	54-70
Рабочая масса, т	1751-1792	3836-4173	5955-7500

Среднее удельное давление на грунт под башмаками при передвижении, МПа	0,145	0,24	0,187
Среднее удельное давление на грунт под опорной рамой при работе, МПа	0,09	0,105	0,103

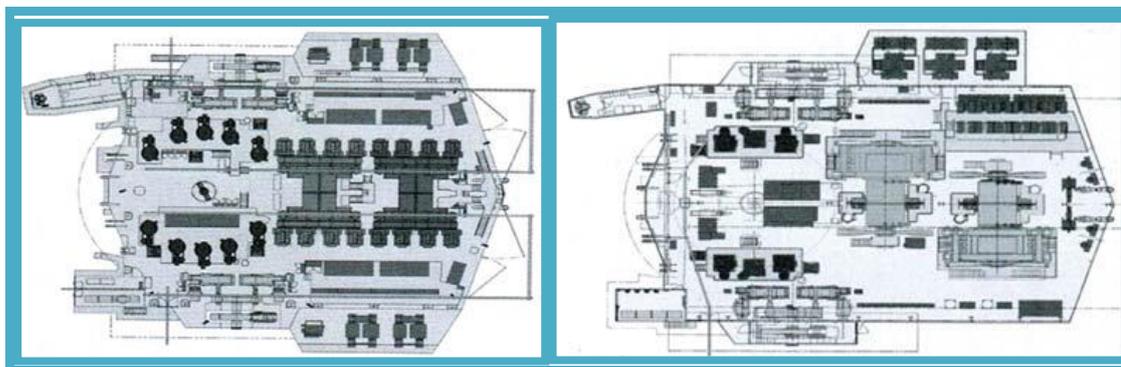


Рис. 14. Расположение механизмов на поворотных платформах шагающих драглайнов компании Caterpillar: а – модель 7850В с традиционными редукторными приводами лебедок подъема и тяги; б – модель 7850D3 с прямыми безредукторными приводами лебедок подъема и тяги

Из последних новшеств построения драглайнов Cat, это альтернативный вариант исполнения тяговой и подъемной лебедок как с традиционным редукторным, так и прямым безредукторным приводом (рис. 14), использующим один низкооборотный электродвигатель высокой мощности переменного тока на агрегат. Приводы поворота платформы и механизма шагания в обоих вариантах остаются традиционного редукторного исполнения. Caterpillar также оказывает всестороннюю инженерную поддержку заказчикам, что позволяет комплектовать машину под условия конкретного предприятия для достижения максимальной производительности и снижения себестоимости добываемого материала.

На сегодня компанией Caterpillar созданы и успешно применяются для разных видов горных работ ряд систем слежения и поддержки работы оборудования в частности, как AQUILA™ Dragline (система точного позиционирования ковша драглайна), AcctssDirect™ (дистанционная система мониторинга); AccuLoad™ (система взвешивания груза в ковше); Terrain for Dragline (Aquila Dragline) – универсальная система управления работой драглайнов. Последняя предназначена для:

- выполнения виртуальной задачи по выемке материала, транслируемой из диспетчерской;
- выдерживания конечного профиля забоя;
- автоматическое обновление электронной модели карьера по мере отработки рудных блоков забоя;

- передачи отчета о выполненных объемах работы.

Шагающие экскаваторы – драглайны компании Surface Mining (P&H)

Компания Surface Mining (P&H) – подразделение корпорации Joy Global Inc. предоставляет на рынок модельный ряд шагающих драглайнов трех базовых типоразмеров (табл. 9).<sup>31</sup>

Таблица 9

Параметры базовых моделей шагающих драглайнов компании Surface Mining (P&H)

Наименование параметров	9010С	9020С	9020ХРС
Вместимость ковша, м <sup>3</sup>	42-60	55-90	85-122
Длина стрелы, м	80-105	90-125	100-130
Концевая нагрузка, тс	180-130	230-172	394-226
Радиус черпания и разгрузки, м	80-105	86-120	84-125
Высота разгрузки, м	32-42	34,5-58	44-64,5
Глубина копания, м	51-68	55-86	56,5-77
Рабочая масса, т	3640-4056	5647-5955	7539-8002
Среднее удельное давление на грунт под башмаками при передвижении, МПа	0,276-0,308	0,257-0,270	0,239-0,254
Среднее удельное давление на грунт под опорной рамой при работе, МПа	0,129-0,144	0,143-0,150	0,134-0,139

Наиболее крупной из типоразмерного ряда драглайнов компании P&H стала модель класса 9020ХРС с ковшами вместимостью 85-122 м<sup>3</sup>, стрелой длиной 130?100 м и рабочей массой порядка 8000 т. Отличительная особенность драглайнов данной компании - наличие высокой ферменной стойки, поддерживающей четырехгранную ферменную стрелу через систему тросов, замыкающихся на двуногой А-образной раме поворотной платформы (рис.15). Шагающее устройство – механическое, эксцентрикового типа.

<sup>31</sup>A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009.pages 46-32



Рис. 15. Шагающий драглайн модель 9160 компании Surface Mining (P&H)



Рис. 16. Графический интерфейс пользователя

Управление приводами драглайнов P&H осуществляется с помощью системы «Centurion», использующей стандартные ее компоненты, применяемые и на карьерных мехлопатах компании. Графический интерфейс пользователя Graphical User Interface (GUI), устанавливающийся как в машинном отделении (рис. 16), так и в кабине оператора, дает возможность с помощью сенсорного экрана осуществлять управление и контроль работы систем экскаватора. Система отслеживает координаты экскаватора, угол его наклона, вес горной массы в ковше, фиксирует средние показатели за смену, отображает эти данные на

сенсорном экране компьютера, что позволяет координировать работу оператора в режиме реального времени, аккумулирует данные по производительности, контролирует исправность узлов экскаватора посредством дистанционного мониторинга и передает данные о состоянии различных систем экскаватора в сервисный центр.

Для драглайнов, используемых для селективной выемки и погрузки горной массы в транспортное средство, было разработано оборудование Universal Dragline System (UDS), которое позволяет осуществлять точечное черпание и разгрузку ковша. UDS включает в себя дополнительный головной блок на стреле, два отдельных подъемных барабана, ковш новой конструкции к которому крепятся два подъемных каната, один из которых - к арке ковша или, при ее отсутствии, спереди к боковым его стенкам, а второй, опрокидывающий, к задней его части. Управление ковшом осуществляется при помощи компьютерной программы «UDS», которая в зависимости от операции, производимой драглайном (черпание, перемещение или разгрузка в заданной точке) корректирует угол наклона ковша.

Система UDS может устанавливаться и на моделях драглайнов других производителей. Драглайны, оснащенные UDS, эксплуатируются на карьерах Австралии и США и позволяют, по данным компании, увеличить производительность машин на 30% при двухлетнем сроке окупаемости модернизации.

### **3.4 Анализ состояния международного рынка наиболее востребованного в мире оборудования для открытых работ, определения некоторых тенденций его дальнейшего развития.**

Основные мировые производители горного оборудования для открытых работ 11 июля 2011 г всемирно известная компания Caterpillar выпускавшая широкую номенклатуру преимущественно выемочно-транспортного оборудования для открытых горных и земляных работ, его комплектующие и дизельные двигатели, за 8,8 млрд долл. США взяла под свой контроль компанию Bucyrus, одного из наиболее крупных в мире производителей горного оборудования для открытых и подземных работ. В результате объединения, под управлением концерна Cat Global Mining образовалась наиболее полная линейка оборудования для открытых и подземных горных работ (рис. 1), получившего немедленно ее бренд и традиционную желтую окраску.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2009. pages 47-50



Рис. 1 Оборудование для открытых и подземных горных работ, выпускаемое концерном Cat Global Mining

К моменту присоединения компании Висугус, основная номенклатура выемочно-транспортирующего оборудования компании Caterpillar (рис. 2), предназначенного для открытых горных разработок, состояла из гусеничных тракторов (бульдозеров) тяжелого типа – массой 50–112 т и с мощностью двигателей 259–634 кВт; карьерных самосвалов 6 типоразмеров грузоподъемностью от 55 до 363 т, в том числе одного, грузоподъемностью 317 т с электроприводом переменного тока; тяжелых колесных фронтальных погрузчиков 5 типоразмеров с ковшами вместимостью от 6,4 до 36 м<sup>3</sup> и эксплуатационной массой от 50 до 195 т; семейства самоходных скреперов 6 типоразмеров с ковшами от 18,4 до 33,6 м<sup>3</sup>; гидравлических экскаваторов (преимущественно обратных лопат) с ковшами до 7,2 м<sup>3</sup> и эксплуатационной массой до 92,1 т; колесных бульдозеров с двигателями мощностью до 597 кВт и эксплуатационной массой до 99,4 т; семейств автогрейдеров стандартной и европейской версий эксплуатационной массой от 11,3 до 61,9 т и мощностями двигателей до 373 кВт; внедорожных тягачей с мощностью двигателей до 1005 кВт и эксплуатационной массой до 90,4 т; самосвалов с шарнирно-сочлененной рамой грузоподъемностью до 38 т, с мощностями двигателей до 325 кВт и эксплуатационной массой до 70,6 т; погрузочно-доставочных вагонеток и самосвалов с шарнирно-сочлененной рамой для использования на подземных работах грузоподъемностью от 11,2 до 36,6 т, с мощностями двигателей до 460 кВт и эксплуатационной массой от 60 до 102 т; разнообразного вспомогательного и навесного оборудования, а также промышленных дизелей и дизель-генераторных установок широкой номенклатуры, в том

числе для горной и нефтегазовой отраслей промышленности, общего и специального назначения.<sup>33</sup>



Рис. 2. Основные типы выемочно-транспортного оборудования, выпускаемого Caterpillar к моменту объединения с Bucyrus

Компания Bucyrus при вхождении в состав компании Caterpillar дополнила ее номенклатурный ряд тяжелым оборудованием (рис. 3): шагающими драглайнами с трубчатыми стрелами, ковшами от 12 до 116 (168) м<sup>3</sup> и стрелами длиной от 58 до 132,5 м; карьерными механическими лопатами с канатным напором с ковшами от 7 до 61,2 м<sup>3</sup>; станками вращательного бурения с электроприводом с диаметрами бурения от 152 до 444 мм, усилиями подачи от 181 до 748 кН и эксплуатационной массой от 35,6 до 183 т), а также и оборудованием ряда компаний, ранее вошедших в ее корпорацию, в том числе: Marion (1997 г.), шагающие драглайны с ферменными стрелами, карьерные механические лопаты с реечным напором и буровые станки); DBT (Deutsche Bergbau Technik) (2006 г.), комплексы шахтного оборудования для длинных забоев, камерностолбовой разработки угольных пластов любой мощности, самоходное погрузочно-транспортное и конвейерное оборудование для доставки угля на поверхность, буровые системы Jumbo с колонковыми перфораторами); Terex Mining (2010 г.), гидравлические экскаваторы компании O&K 8 типоразмеров с ковшами от 7 до 52 м<sup>3</sup> и

<sup>33</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 84-92

массой до от 108 до 980 т, самосвалы Unit Rig 5 типоразмеров с электроприводом переменного тока грузоподъемностью от 136 до 363 т, гидрофицированные станки вращательного бурения Reedril 7 типоразмеров с диаметрами бурения от 152 до 381 мм, усилиями подачи от 272 до 499 кН и эксплуатационной массой от 39,6 до 105,5 т, комбайны Superior Highwall Miners для выбуривания угля из под уступов без их вскрытия на глубину до 306 м из пластов мощностью от 0,76 до 4,6 м при ширине одиночной выемки до 2,4 м, а также расходный инструмент, комплектующие, вспомогательное и сервисное оборудование и др.

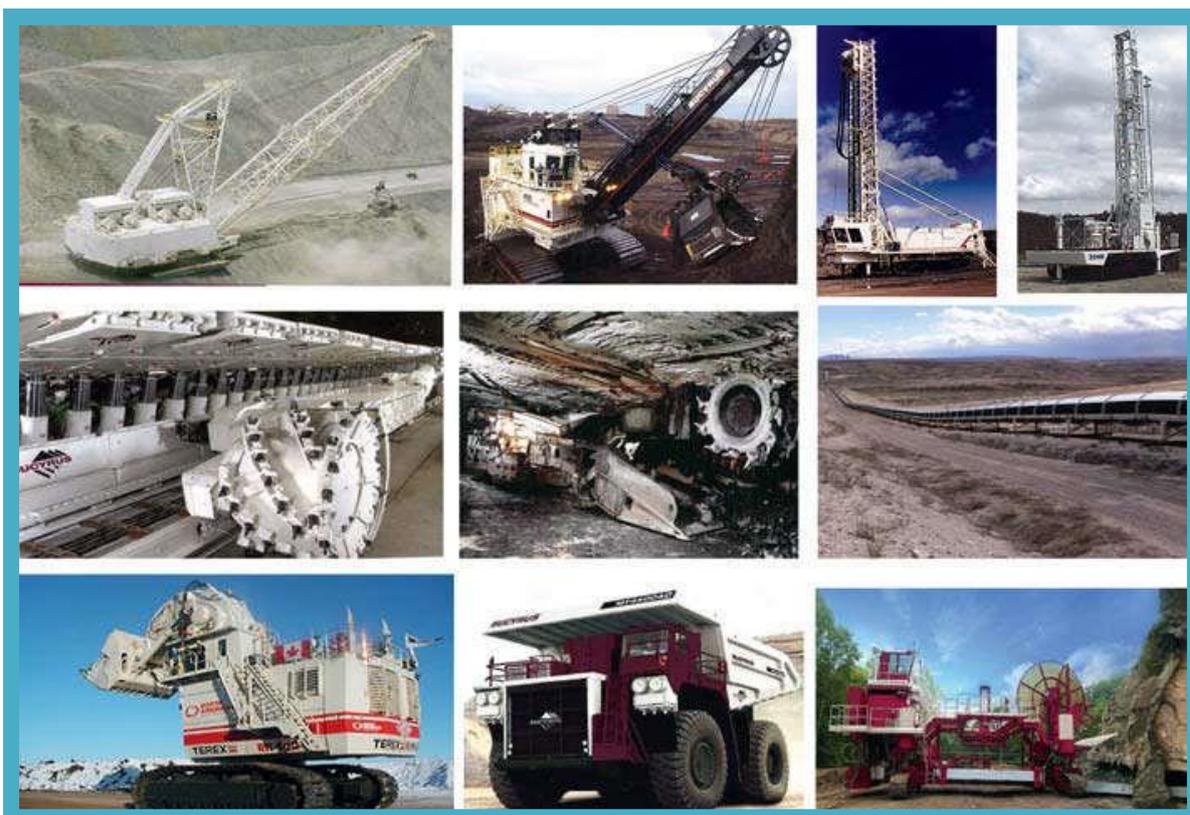


Рис. 3. Основные типы оборудования компании Bucyrus переданные под управление концерна Cat Global Mining

Стив Фискор, главный редактор журналов Coal Age и Engineering & Mining Journal в своей статье «Новый Мировой Порядок для производителей горного оборудования» [1] отметил, что для горняков видеть исчезновение имени Bucyrus стало потрясением, но это приобретение создало выгодный внутренний динамический стимул для дальнейшего развития корпорации Cat Global Mining, что должно принести взаимную выгоду обеим компаниям. Клиенты в горной промышленности более всего нуждаются в меньшем количестве, но в стратегически более значимых поставщиках оборудования и более концентрированных сервисных службах. Более половины объемов

полезных ископаемых в мире добывается открытым способом, и новый концерн будет этому способствовать.<sup>34</sup>

В результате объединения с Bucyrus, Cat Global Mining под своим управлением сосредоточила более 130 тыс. торговых агентов и 3500 дилерских контор в более чем 180 странах. Подразделив свой рынок на пять областей: Северная Америка – США и Канада; Латинская Америка; Европа – СНГ; Африка и Ближний Восток; Тихоокеанско-Азиатский регион, Индия и Китай, она образовала единую всемирную сервисную службу практически для всех типов оборудования для открытых и подземных работ, выпускаемого ею и, что самое главное, обязала обслуживаться в дальнейшем только под руководством Caterpillar. В основном все оборудование и впредь будет изготавливаться на своих родных производственных базах Cat Global Mining в США и Германии, хотя еще ранее Bucyrus переместила производство гидравлических экскаваторов RH 400 из Дортмунда (Германия) в Милуоки (США), буровых станков Reedrill в Денисон (штат Техас, США).

Cat Global Mining занимает лидирующую позицию на рынке горной техники как для открытых, так и для подземных работ, перекрывая большинство позиций по номенклатуре оборудования (табл. 3 и 4).

**Табл. 3 Основные мировые производители и номенклатура горного оборудования для открытых работ**

Оборудование	Производитель				
	Caterpillar	Liebherr	Komatsu	ЧЕТРА	ЧТЗ-Уралтрак
Бульдозеры, грейдеры	Caterpillar	Liebherr	Komatsu	ЧЕТРА	ЧТЗ-Уралтрак
Колесные погрузчики	Caterpillar	Joy Global	Komatsu	Liebherr	-
Самосвалы	Caterpillar	Liebherr	Komatsu	Hitachi	БЕЛАЗ
Гидравлические экскаваторы	Caterpillar	Liebherr	Komatsu	Hitachi	-
Буровые станки	Caterpillar	P&H	Sandvik	AtlasCopco	Schramm
Механические лопаты	Caterpillar	P&H	ИЗ-КАРТЭКС	УЗТМ	TZ
Драглайны	Caterpillar	P&H	УЗТМ	НКМЗ	-
Ленточные конвейеры	Caterpillar	Joy Global	Sandvik	TAKRAF	ThyssenKrupp
Комбайны типа «Highwall»	Caterpillar	-	-	-	-

Компания Cat Global Mining конкурирует в мире по профилю производимого горного оборудования с компанией Joy Global Inc., которая владеет компаниями P&H Mining Equipment (карьерные мехлопаты, гидравлические экскаваторы, драглайны, станки вращательного бурения), Joy Mining Machinery (подземное оборудование) и Continental Conveyor (конвейерный транспорт), дизельный транспорт и другими.

<sup>34</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 94-101

**Табл. 4 Основные мировые производители и номенклатура горного оборудования для подземных работ**

Оборудование	Производитель				
	Caterpillar	JOY	Sandvik	-	-
Конвейеры откаточные	Caterpillar	JOY	Sandvik	-	-
Крепление кровли	Caterpillar	JOY	-	ZMJ	SANYHE
Скребковые конвейеры	Caterpillar	JOY	-	ZMJ	SANYHE
Комбайны проходческие	Caterpillar	JOY	-	-	-
Буровые системы	Caterpillar	Fletcher	CUBEX	Atlas Copco	-
Самосвалы, погрузчики	Caterpillar	-	Sandvik	Atlas Copco	-
Длиннозабойные системы	Caterpillar	JOY	Sandvik	-	SANYHE
Дизельный транспорт	Caterpillar	JOY	Sandvik	Atlas Copco	SANYHE
Анкерные системы	Caterpillar	JOY	Sandvik	Atlas Copco	Fletcher

Несколько обособленно в линии поставки оборудования для открытых горных работ находятся два крупнейших машиностроительных концерна Германии – ThyssenKrupp Fordertechnik и Tenova TAKRAF, производящих преимущественно мощное оборудование для технологических процессов непрерывного действия и циклично-поточной технологии на открытых разработках.



**Рис. 4 Основные типы оборудования компании ThyssenKrupp Fordertechnik**

Компания ThyssenKrupp Fordertechnik (рис. 4) специализируется на производстве и запуске в эксплуатацию специфического карьерного оборудования, среди которого: большие вскрышные и компактные роторные экскаваторы; мобильные и полумобильные отвалообразователи;

самоходные перегружатели; распределительные погрузочные устройства для конвейерных и железнодорожных линий; самоходные петлевые тележки; мобильные, внутрикарьерные мобильные, полумобильные дробильные комплексы; крутонаклонные и магистральные ленточные конвейеры; гусеничные и колесные тягачи для перемещения, например, полумобильных дробильных агрегатов и установок, всех типов дробилок, а также стационарных обогатительных фабрик, перегрузочных комплексов и систем складирования для портов, складов сыпучих материалов и электростанций.<sup>35</sup>

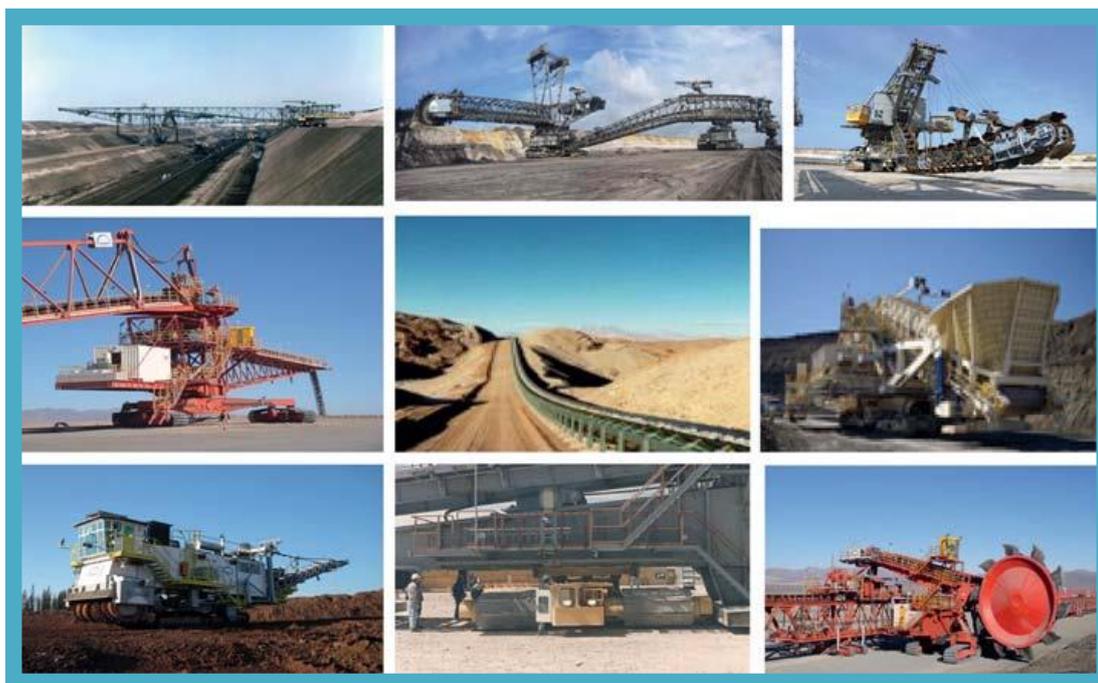


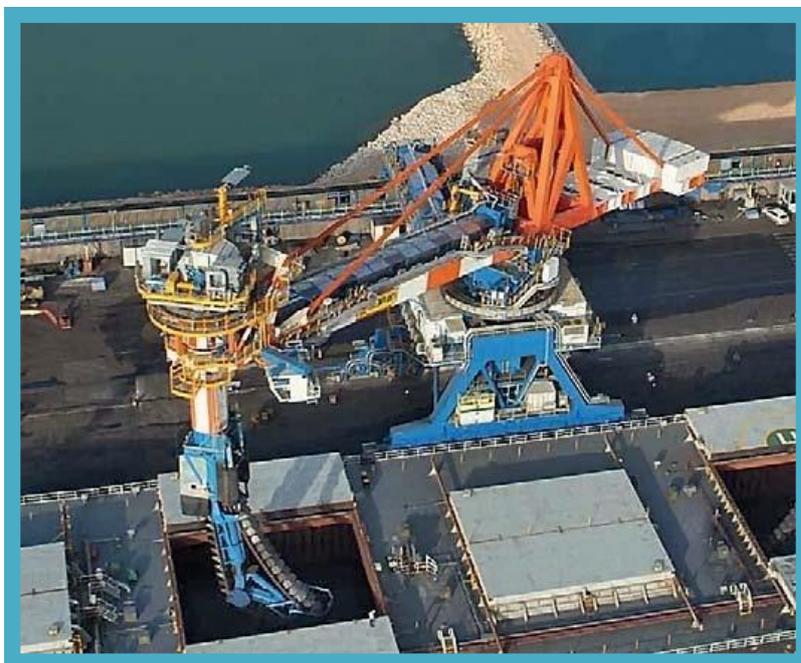
Рис. 5 Основные типы оборудования компании Tenova TAKRAF

Компания Tenova TAKRAF (рис. 5) специализируется на производстве и запуске в эксплуатацию мощного карьерного оборудования, такого как: транспортно-отвальные мосты, в том числе и наклонные; роторные и цепные экскаваторные комплексы; отвалообразователи; самоходные перегружатели; трубчатые и магистральные ленточные конвейеры; распределительные погрузочные устройства для конвейерных и железнодорожных линий; внутрикарьерные мобильные, полумобильные дробильные комплексы; фрезерные комбайны Surface Miners; крутонаклонные, гусеничные транспортеры; комплексы оборудования для циклично-поточной технологии, перегрузочные комплексы для транспортирования насыпных грузов, а также системы выщелачивания руд, портовые перегрузочные, судопогрузочные и судоразгрузочные установки, терминалы по отгрузке

<sup>35</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 104-109

угля, минеральных удобрений, систем складирования для портов, кабельные краны и другое оборудование.

Анализ рынка карьерной техники позволяет отметить наличие большого количества практически равноценных ее производителей, что обеспечивает, как правило, высокое качество продукции и конкурентно обоснованный уровень цен.



Наиболее популярные и востребованные в мире поставщики горного оборудования для открытых работ:<sup>36</sup>

- бульдозеры, скреперы и грейдеры (Caterpillar, Komatsu, Volvo, ЧЕТРА, ЧТЗ-УРАЛТРАК);
- буровые станки для открытых работ (Caterpillar, P&H, Sandvik, Atlas Copco, Schramm);
- драглайны (Caterpillar, P&H, Уралмаш, НКМЗ);
- гидравлические одноковшовые экскаваторы (Caterpillar, Komatsu, Hitachi, Liebherr);
- канатные карьерные одноковшовые экскаваторы (P&H, Caterpillar, TZ (Taiyuan Heavy Industry), ИЗ-КАРТЕКС, Уралмаш);
- карьерные самосвалы (Caterpillar, Komatsu, Hitachi, Liebherr, БЕЛАЗ, Volvo);
- колесные погрузчики (Caterpillar, P&H, Komatsu, Volvo); - ленточные конвейеры (Caterpillar, Joy, Sandvik, ThyssenKrupp Fordertechnik, Tenova TAKRAF);
- фрезерные комбайны (Caterpillar, Wirtgen, Vermeer, Tenova TAKRAF);

---

<sup>36</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 110-115

- комбайны типа «Highwall» для выемки угля из под высоких забоев (Caterpillar).

В последующих статьях будет дан более подробный анализ наиболее востребованных на международном рынке образцов выемочно-погрузочной, выемочно-транспортирующей и буровой техники как отечественного, так зарубежного производства.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие типы механических экскаваторов используется в современных горных карьерах?
2. Современные фирмы для производства экскаваторов?
3. Достоинства и недостатки использования механических гидравлических экскаваторов

#### **Используемые литературы:**

1. Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. /CRC Press, London, New York, 2014.-388 p.
2. A Reference Guide to Mining Machine Application. Caterpillar Global Mining. 2005.

## IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### 1-практическая занятия:

#### Расчет, анализ и обоснование основных параметров подземных проходческих и добычных машин

**Цель работы:** Изучение методы определение основных показателей подземных проходческих, струговых и добычных машин.

#### Постановка задачи:

**Производительность проходческих комбайнов.** Производительность проходческого комбайна зависит от типа исполнительного органа, конструктивных и режимных параметров комбайна, горно-геологических условий его работы, организации работ в забое и других факторов.<sup>37</sup>

Теоретическая производительность проходческого комбайна с исполнительным органом бурового действия определяется по формуле:

$$Q_{теор} = 3600S \cdot v_{max}\gamma, \text{ т/час}$$

или  $P_{теор} = \frac{Q_m}{S\gamma} = 3600v_{max}, \text{ м/час}, \quad (1.1)$

где  $S$  - сечение проводимой выработки, м<sup>2</sup>;

$v_{max}$  - максимальная скорость подачи комбайна, м/сек;

$\gamma$  - плотность породы в массиве, т/м<sup>3</sup>.

Теоретическая производительность проходческого комбайна избирательного (циклического) действия определяется по формуле.

$$Q_{теор} = 3600mBv_{n,max}\gamma, \text{ т/час}$$

или  $P_{теор} = \frac{Q_{теор}}{S\gamma} = 3600\frac{mB}{S}v_{n,max}, \text{ м/час}. \quad (1.2)$

где  $m$  - высота или ширина (мощность) разрушаемого слоя, м;

Для конусных исполнительных органов  $m = 0,5d_k, \text{ м};$

$d_k$  - средний диаметр конической коронки, м;

$B$  - максимальная величина захвата исполнительного органа, м;

$v_{n,max}$  - максимальная возможная скорость поперечной подачи исполнительного органа, м/сек.

Техническая производительность проходческого комбайна с исполнительным органом бурового действия определяется

---

<sup>37</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 107-114

$$Q_{\text{мех}} = 3600Sv_{n.\text{max}}\gamma K_{\text{мех.б.}} \text{ т/час}$$

или  $P_{\text{мех}} = 3600v_{n.\text{max}} K_{\text{мех.б.}} \text{ м/час.} \quad (1.3)$

где  $K_{\text{мех.б.}}$  - коэффициент использования комбайна во времени обычно  $K_{\text{мех.б.}} = 0,3-0,4$ .

Техническая производительность проходческого комбайна избирательного (циклического) действия определяют по формуле:

$$Q_{\text{мех}} = 3600mBv_{n.\text{max}}\gamma K_{\text{мех.б.}} \text{ т/час}$$

$$P_{\text{мех}} = \frac{Q_{\text{теор}}}{S\gamma} K_{\text{мех.б.}} = 3600 \frac{mB}{S} v_{n.\text{max}} K_{\text{мех.б.}} \text{ м/час.} \quad (1.4)$$

Эксплуатационная производительность соответственно определяется по формуле

$$Q_{\text{э}} = Q_{\text{мех}} K_{\text{э}} \text{ т/час,}$$

или  $P_{\text{э}} = P_{\text{мех}} K_{\text{э}} \text{ м/час.} \quad (1.5)$

$K_{\text{э}}$  - коэффициент, учитывающий всех простоев комбайна  $K_{\text{э}} \approx 0,3-0,6$

### **Пример расчета производительности проходческого комбайна циклического действия ПК-3м**

Исходные данные к расчету:

Сечение трапециодальной выработки  $S = 8,5 \text{ м}^2$ ;

Допустимый процент выхода из строя резцов  $Z_{\text{г}} = 25\%$ ;

Удельный расход резцов  $Z_{\text{у.у}} = 0,1 \text{ шт/м}^3$  – для угля;

$Z_{\text{у.п}} = 0,3 \text{ шт/м}^3$  – для породы;

величина захвата  $B = 0,6 \text{ м}$ ;

среднее время на замену резца  $t_{\text{р}} = 2 \text{ мин}$ ;

плотность угля  $\gamma_{\text{у}} = 1,3 \text{ т/м}^3$

плотность породы  $\gamma_{\text{п}} = 2,2 \text{ т/м}^3$ ;

коэффициент надежности  $K_{\text{н}} = 0,9$ .

величина отодвигания комбайна от забоя  $a = 1,0 \text{ м}$ .

диаметр коронки  $d_{\text{к}} = 0,65 \text{ м}$ ;

скорость подачи  $v_{\text{н}} = 1,38 \text{ м/мин}$ ;

общее число резцов  $Z = 18 \text{ шт}$

скорость максимальной поперечной подачи исполнительного органа  $v_{n.\text{max}} = 0,12 \text{ м/сек}$ .

Теоретическая производительность комбайна (3.1)

$$Q_{\text{теор}} = 3600mBv_{n.\text{max}}\gamma \text{ т/час}$$

Мощность вынимаемого слоя угля

$$m = \frac{d_{\text{к}}}{2} = \frac{0,65}{2} = 0,325 \text{ м,}$$

$$Q_{\text{теор}} = 3600 \cdot 0,325 \cdot 0,6 \cdot 0,12 \cdot 1,3 = 110 \text{ т/час.}$$

$$P_m = \frac{Q_{\text{теор}}}{S\gamma_y} = \frac{110}{8,5 \cdot 1,3} = 10 \text{ м/час.}$$

Техническая производительность комбайна (3.3)

$$Q_{\text{тех}} = Q_{\text{теор}} K_{\text{тех}};$$

$$K_{\text{тех}} = \frac{1}{\frac{1}{K_n} + \frac{60T_{\text{пр}}}{L_{\text{у.о}}} v_{\text{н.н}}};$$

где  $L_{\text{у.о}}$  - путь исполнительного органа за рабочий цикл, м.

$$L_{\text{у.о}} = H_B \left( \frac{e_n + e_B}{2d_K} - 1 \right), \text{ м.}$$

$H_B = 2,2$  м. высота проводимой выработки;

$e_n = 3,65$  м. ширина нижнего основания выработки;

$e_B = 3,05$  м. ширина верхнего основания выработки.

$$L_{\text{у.о}} = 2,2 \left( \frac{3,65 + 3,05}{2 \cdot 0,65} - 1 \right) = 9,1 \text{ м}$$

Время простоя комбайна

$$T_{\text{пр}} = T_{\text{м.о}} + t'_{\text{м.о}} + t_{\text{з.и}}, \text{ мин}$$

Время маневровых операции

$$T_{\text{м.о}} = \frac{B}{v_{\text{н.макс}}} = \frac{0,6}{1,38} = 0,4 \text{ мин,}$$

$t'_{\text{м.о}}$  - удельные затраты времени на маневровые операции

$$t'_{\text{м.о}} = 200 \frac{L_{\text{у.о}} m B a Z_{y.y}}{Z_g z v_M} = 200 \frac{9,1 \cdot 0,325 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,1}{25 \cdot 18 \cdot 1,38} = 0,35 \text{ мин.}$$

$$v_n = v_M = 1,38 \text{ м/мин,}$$

$t_{\text{з.и}}$  - удельные затраты времени на замену резцов

$$t_{\text{з.и}} = L_{\text{у.о}} m B Z_{y.p} t_p = 9,1 \cdot 0,325 \cdot 0,6 \cdot 0,1 \cdot 2 = 0,35 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{пр}} = 0,4 + 0,057 + 0,35 = 0,80 \text{ мин}$$

$$K_{\text{тех}} = \frac{1}{\frac{1}{0,9} + \frac{60 \cdot 0,8}{9,1} \cdot 0,12} = 0,578$$

при  $v_{\text{нн}} = v_{\text{н.нмакс}} = 0,12$  м/сек.

$$Q_{\text{тех}} = 110 \cdot 0,578 = 63,58 \text{ т/час,}$$

$$P_{\text{тех}} = \frac{Q_{\text{тех}}}{S\gamma_y} = \frac{63,58}{8,5 \cdot 1,3} = 5,75 \text{ м/час.}$$

При работе комбайна ПК-3м в выработках со смешанным забоем расчет производительности должен производиться для угля и породы или по средним показателям  $v_{\text{н.н.у}}$  и  $v_{\text{н.н.п}}$ ,  $\gamma_y$  и  $\gamma_n$  или  $v_{\text{н.н.ср}}$ ,  $\gamma_{\text{ср}}$ . При этом техническая производительность комбайна

$$Q_{\text{тех}} = 3600 m B v_{\text{н.н.ср}} \gamma_{\text{ср}} K_{\text{тех}}, \text{ т/час}$$

Средняя скорость поперечной подачи, м/сек

$$v_{n.n.ср} = \frac{Sv_y v_n}{S_y v_n + S_n v_y}, \text{ м/сек.}$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения проходимой выработки  $\text{м}^2$   
 $v_y = 0,12$  м/сек,  $v_n = 0,06$  м/сек - скорость поперечной подачи исполнительного органа по углю и породе.

$S_y = 4$   $\text{м}^2$ ,  $S_n = 4,5$   $\text{м}^2$  - площади поперечного сечения угольного и породного забоя.

$$v_{n.n.ср} = \frac{8,5 \cdot 0,12 \cdot 0,06}{4 \cdot 0,06 + 4,5 \cdot 0,12} = 0,078 \text{ м/сек}$$

$$\gamma_{ср} = \frac{\gamma_y S_y + \gamma_n S_n}{S} = \frac{1,3 \cdot 4 + 2,2 \cdot 4,5}{8,5} = 1,8 \text{ т/м}^3$$

$$Q_{mex} = 3600 \cdot 0,325 \cdot 0,6 \cdot 0,078 \cdot 1,8 \cdot K_{mex}, \text{ т/час}$$

$$K_{mex} = \frac{1}{\frac{1}{K_n} + \frac{60T_{np}}{L_{u.o}} v_{n.n.}}$$

где  $L_{u.o} = 9,1$  м - путь исполнительного органа за рабочий цикл

$T_{np}$  - время простоев

$$T_{np} = T_{m.o} + t'_{m.o} + t_{3.o}, \text{ МИН}$$

$$T_{m.o} = \frac{B}{v_n} = \frac{0,6}{1,38} = 0,4 \text{ МИН}$$

$$t'_{m.o} = 200 \frac{L_{u.o} m B Z_{y.ср} Q}{Z_g Z v_n}, \text{ МИН}$$

где  $Z_{y.ср}$  - средний удельный расход резцов

$$Z_{y.ср} = \frac{Z_{y.y} S_y + Z_{y.n} S_n}{S} = \frac{0,1 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4,5}{8,5} = 0,22 \text{ ШТ/М}^3$$

$$t'_{m.o} = 200 \frac{9,1 \cdot 0,325 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 0,22}{25 \cdot 18 \cdot 1,38} = 0,071 \text{ МИН}$$

$$t_{3.u} = L_{u.o} m B Z_{y.ср} t_p = 9,1 \cdot 0,325 \cdot 0,6 \cdot 0,22 \cdot 2,0 = 0,87 \text{ МИН}$$

$$T_{np} = 0,4 + 0,071 + 0,87 = 1,34 \text{ МИН}$$

$$K_{mex} = \frac{1}{\frac{1}{0,9} + \frac{60 \cdot 1,34}{9,1} \cdot 0,078} = 0,58$$

$$Q_{mex} = 99 \cdot 0,58 = 57,3 \text{ т/час}$$

$$\Pi_{mex} = \frac{Q_{mex}}{S \gamma_{ср}} = \frac{57,3}{8,5 \cdot 1,8} = 3,74 \text{ м/час}$$

Эксплуатационная производительность проходческого комбайна (25)

$$Q_3 = Q_{mex} K_3;$$

$$\Pi_3 = \Pi_{mex} K_3;$$

Принимая  $K_3 = 0,5$ , получим

$$Q_3 = 57,3 \cdot 0,5 = 28,65 \text{ т/час}$$

$$П_3 = 3,74 \cdot 0,5 = 1,87 \text{ м/час.}$$

Полученные результаты производительности показывают, что

$$Q_{теор} \rangle Q_{тех} \rangle Q_3$$

$$П_{теор} \rangle П_{тех} \rangle П_3$$

### Производительность струговой установки

Теоретическая (расчетная) производительность струговой установки определяется по выражению

$$Q_{теор} = 60 \cdot H \cdot h \cdot v \cdot \gamma, \text{ т/час,} \quad (13)$$

где  $H$  - мощность вынимаемого пласта, м;

$h$  - толщина среза, м;

$v$  - скорость резания струга, м/мин;

$\gamma$  - плотность вынимаемого пласта, т/м<sup>3</sup>

Техническая производительность струговой установки определяется по выражению

$$Q_{тех} = Q_{теор} \cdot K_m, \text{ т/час,} \quad (14)$$

где  $K_m$  - коэффициент технического совершенства установки ( $K_m < 1$ ), характеризующий возможность её непрерывной работы

$$K_m = \frac{1}{1 + \frac{T_{к.о.} + T_{н.о.} + T_{у.н.}}{T}}; \quad (15)$$

где  $T_{к.о.}$  - затраты времени на концевые операции, определяемые хронометражом.

$T_{н.о.}$  - затраты времени на операции, несовмещенные с работой струга (замена резцов и пр) и определяемые

$$T_{н.о.} = HhL\gamma z t_p, \text{ мин/цикл;} \quad (16)$$

где  $L$  - длина лавы, м;

$z$  - удельный расход резцов, штук/тонну;

$t_p$  - время замены одного резца, мин;

$T_{у.н.}$  - затраты времени на устранение неполадок, мин, определяется по выражению

$$T_{у.н.} = T \left( \frac{1}{K_{э.н}} - 1 \right), \text{ мин/цикл,}$$

$T$  – время съема среза за один проход струга (цикл)

$$T = \frac{L}{v}, \text{ мин,}$$

$K_{э.н}$  - коэффициент эксплуатационной надежности струговой установки.

Эксплуатационная производительность струга.

$$Q_3 = Q_{тех} \cdot K_3, \text{ т/час} \quad (17)$$

$K_s$  - коэффициент непрерывности работы струга. Принимается на основе хронометражных наблюдений.

### **Производительность выемочных комплексов**

Производительность выемочных комплексов (агрегатов) зависит от целого ряда факторов и, в первую очередь, от горно-геологических и горнотехнических условий их работы, режимных и конструктивных параметров функциональных машин и степени их использования во времени. Поэтому применительно к выемочным комплексам и агрегатам необходимо различать теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность.

#### **Теоретическая производительность**

Теоретическая производительность комплекса (агрегата) является максимальной, так как определяется в единицу времени непрерывной производительной работы с рабочими параметрами, максимальными для данных условий эксплуатации и определяется по формуле:

$$Q_{теор} = 60m \cdot Bv_n \gamma ; \text{ т/час}, \quad (2.1)$$

где  $m$  - средняя мощность пласта, м;

$B$  - ширина захвата массива угля исполнительным органом, м;

$v_n$  - скорость подачи выемочной машины вдоль забоя, м/мин;

$\gamma$  - плотность угля, т/м<sup>3</sup>.

По теоретической производительности выемочного комплекса или агрегата, найденной по приведенной выше формуле (2.1) выбирается оборудование всей технологической цепи от выемочного забоя до главной транспортной магистрали.

#### **Техническая производительность**

Техническая производительность выемочного комплекса (агрегата) – максимально возможная среднечасовая его производительность при работе в конкретных условиях эксплуатации. Техническая производительность определяется количеством добытого угля в единицу времени с учетом перерывов на выполнение неизбежных вспомогательных операций, присущих данному комплексу.

К ним относятся маневровые концевые операции, замена рабочего инструмента, устранение технических неполадок.

Техническая производительность определяется из уравнения

$$Q_{тех} = Q_{теор} K_m, \text{ т/час}, \quad (2.2)$$

где  $K_m < 1$  - коэффициент технически возможной непрерывности работы комплекса (агрегата).

Имея в виду (2.1) получим

$$Q_{тех} = 60mBv_n \gamma \cdot K_m, \text{ т/час}, \quad (2.3)$$

Коэффициент технически возможной непрерывности работы определяется по формуле

$$K_m = \frac{T_m}{T_m + T_{np}}, \quad (2.4)$$

где  $T_m$  - время производительной работы выемочной машины комплекса, мин;

$T_{np}$  - время на несовмещенные с работой исполнительного органа вспомогательные операции, присущие комплексу, мин.

$$T_m = \frac{L}{v_n}, \text{ мин.} \quad (2.5)$$

$L$  - длина лавы, м.

$$T_{np} = T_{m.o.} + T_{к.о.} + T_{з.и.} + T_{у.н.}, \text{ мин} \quad (2.6)$$

где  $T_{m.o.}$  - затраты времени на несовмещенные маневровые операции в течение цикла, мин;

- при челноковой схеме работы с цепным тяговым органом  $T_{m.o.} = 0$ ;

- при односторонней работе с цепным тяговым органом  $T_{m.o.} = \frac{L}{v_n}$ , мин;

$T_{к.о.}$  - затраты времени на несовмещенные концевые операции (перемонтаж погрузочного щитка, передвижка приводных и натяжных станции конвейера, смазку и прочие), мин;

По хронометражным данным  $T_{к.о.} = 30$  мин;

$T_{з.и.}$  - затраты времени на замену инструмента, мин

При известном удельном расходе рабочего инструмента время на его замену может быть подсчитано по формуле

$$T_{з.и.} = L \cdot m \cdot B \cdot \gamma \cdot Z \cdot t_p, \quad (2.7)$$

где  $L$  - длина лавы, м;

$m$  - средняя мощность пласта, м;

$B$  - ширина захвата, м;

$\gamma$  - плотность угля, т/м<sup>3</sup>;

$Z$  - удельный расход резцов, шт/т;

$t_p$  - время на замену одного резца, мин.

Удельный расход инструмента зависит от его стойкости, а также от крепости и абразивности угольного пласта. Для наиболее распространенных резцов, армированных твердым сплавом, их расход при работе на мягких углях ( $f = 0,7 \div 1,0$ ) составляет  $z = 0,005 - 0,01$  шт/т, углях средней крепости ( $f = 1,0 \div 1,5$ )  $z = 0,010 - 0,10$  шт/т, крепких и весьма крепких углях ( $f = 20$  и более)  $z = 0,10 - 0,25$  шт/т.

$T_{у.н.}$  - затраты времени на устранение неисправностей в работе комплекса или агрегата могут быть выражены в общем виде формулой

$$T_{у.н.} = \frac{L}{v_n} \left( \frac{1}{K_n} - 1 \right), \quad (2.8)$$

где  $v_n$  - скорость подачи комбайна вдоль забоя м/мин;

$K_n$  - коэффициент надежности комбайна, для комбайна 1К-101

$$K_n = 0,8 \div 0,9$$

### **Эксплуатационная производительность**

Эксплуатационная производительность зависит от степени использования технической возможности агрегата в конкретных условиях эксплуатации.

Эксплуатационная производительность определяется с учетом затрат времени также на организационные и технические неполадки, не зависящие от конструкции комплекса и его схемы работы, т.е.

$$Q_s = Q_{теор} \cdot K_s \quad (2.9)$$

где  $K_s$  - коэффициент непрерывности работы комбайна в процессе эксплуатации в конкретных условиях забоя;

$$K_s = \frac{T}{T + T_{np} + T_{э.о.}}, \quad (2.10)$$

где  $T_{э.о.}$  - затраты времени на эксплуатационные операции, зависящие от организационно-технических неувязок и условий эксплуатации, мин.

К ним относятся затраты времени на обмен вагонеток на погрузочном пункте; ожидание порожняка, электроэнергии, задержку в закреплении забоя, устранение вывалов породы и т.д.

Примерно можно принимать  $T_{э.о.} = 270 - 580$  мин. на цикл.

Производительность врубовых машин определяется аналогично, учитывая, однако, то обстоятельство, что она измеряется в квадратных метрах пласта, подрубленного в единицу времени, а под шириной захвата при этом понимается полезная глубина вруба.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие производительности имеют проходческие машины?
2. Какие затраты времени имеют машины во время работы?
3. Что входит в эксплуатационные затраты времени?

### **Используемые литературы:**

1. S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 107-114
2. Мазей А.С. Горные машины. Методические указания к практическим занятиям. – Алматы.:КазПТИ, 2001.

## 2-практическая занятия:

### Технологические схемы подземного транспорта шахт и рудников.

**Цель работы:** Изучение технологических схем подземного магистрального и вспомогательного транспорта, взаимосвязь системами разработками и схем транспорта.

Схемы подземного транспорта, схемы вспомогательного транспорта, транспортная подземная система шахты, участковый транспорт, магистральный транспорт.

#### **Постановка задачи:**

**Понятие о технологической схеме подземного транспорта.** *Схемы подземного транспорта* любой шахты или рудника в каждый момент времени характеризуются взаимоувязанным пространственным расположением транспортных горных выработок и эксплуатируемых в этих выработках средств транспорта.

Для действующих шахт они динамичны и периодически меняются в связи с изменением расположения очистных и подготовительных забоев в пределах шахтного поля и заменой средств транспорта в процессе эксплуатации. Схемы транспорта проектируемых объектов составляются на наиболее характерные периоды их эксплуатации: сдача шахты или рудника в эксплуатацию, освоение проектной мощности и максимальное удаление горных работ.

#### **Пример выбора подземного транспорта**

*Технологическая схема подземного транспорта*, - по которой транспортируются основной грузопоток (уголь, руда) из очистных забоев и грузопотоки из подготовительных забоев к скиповому стволу, а также люди, вспомогательные материалы и оборудование к рабочим местам, состоит из ряда отдельных транспортных звеньев, объединенных между собой узлами сопряжений. Главным определяющим фактором в общей схеме является схема транспорта основного грузопотока из очистного забоя. Она в значительной степени предопределяет схему транспорта из подготовительных забоев и схему вспомогательного транспорта.

*Схемы вспомогательного транспорта* отличаются от схем транспорта угля или руды тем, что вспомогательные материалы и оборудование доставляются в шахту часто по нескольким вертикальным или наклонным стволам, а также по скважинам и шурфам (при сравнительно небольшой глубине вскрытия) или по штольням, а в подземных условиях для их доставки используются дополнительно вентиляционные выработки и выработки специального назначения.

*Транспортная подземная система шахты* или рудника может быть разделена на взаимосвязанные подсистемы *участкового и магистрального транспорта*.

*Участковый транспорт* представляет собой совокупность транспортных средств и устройств, размещенных в горизонтальных и

наклонных выработках, расположенных в контурах выемочной панели, блока, выемочного участка, этажа за пределами добычного выемочного участка (лава, камера и т. д.).

**Магистральный транспорт** представляет собой совокупность транспортных средств и устройств размещаемых в главных горизонтальных и капитальных - наклонных выработках, по которым осуществляется транспортирование грузов от выемочных участков до околоствольного двора или поверхности шахты (при наличии наклонного ствола или автотранспортного уклона, штольни).

При одном и том же пространственном расположении горных выработок возможно применение различных **видов транспорта**, следовательно, на каждой шахте можно получить множество вариантов технологических схем транспорта, которые будут отличаться друг от друга числом видов транспорта.

В зависимости от этого, наиболее характерного, показателя все **технологические схемы транспорта** (по основному грузопотоку) могут быть разделены на две принципиальные **группы: - с одним видом транспорта и комбинированные** (два и более видов транспорта).

На большинстве действующих шахт и рудников в связи с разнообразными горно-геологическими и горнотехническими условиями разрабатываемых месторождений наиболее широко применяют различные комбинированные схемы транспорта.

**Выбор технологической схемы транспорта** проектируемой шахты или рудника должен производиться при комплексной оптимизации горного предприятия, в экономико-математической модели которого подсистема «Подземный транспорт» является одной из составных частей.

Оценка множества вариантов и оптимальная компоновка подсистемы «Подземный транспорт» производится после принятия основных решений по проектируемому предприятию, в том числе: по мощности, схемам и параметрам вскрытия и подготовки, системам разработки, схемам вентиляции, схемам механизации очистных и подготовительных работ, схемам горных работ и протяженности горных выработок, схемам группирования пластов и порядка их отработки.

Методика оптимальной компоновки систем подземного транспорта ориентирована на комплексную оценку множества вариантов подсистемы. Суммарные капитальные затраты и эксплуатационные расходы по подземному транспорту включают затраты и расходы по: транспортированию угля, руды, породы, материалов, оборудования и людей в пределах всей обще шахтной схемы; приему-отправлению (погрузке, разгрузке, перегрузке) грузов и людей в местах сопряжения транспортных звеньев.

При **выборе схемы и средств транспорта** для действующего горного предприятия, т. е. при заданных схемах горных выработок, а также для реконструируемого и вновь проектируемого предприятия в случаях, когда учет транспортных расходов существенно не влияет па

схему горных выработок, решается только задача по оптимизации транспорта, т. е. исходя из заданной схемы горных выработок, значений и направлений грузопотоков определяются оптимальные параметры подсистемы транспорта *по критерию минимума транспортных расходов*.

Проектирование и совершенствование схем транспорта новых, реконструируемых и действующих шахт и рудников должно производиться в строгой увязке с комплексом решений по прогрессивной технологии добычи полезного ископаемого, определенной основными технико-экономическими направлениями развития отраслей горнодобывающей промышленности.

### **Технологические схемы подземного транспорта рудников**

*Основным фактором*, определяющим выбор той или иной технологической *схемы подземного транспорта* на рудниках, является принятая *схема вскрытия и подготовки рудного тела*.

При вскрытии вертикальными и наклонными стволами *подготовка пологих и наклонно залегающих месторождений* осуществляется проведением *откаточных выработок по руде* на уровне почвы (рис. 1, а) или чаще в виде *концентрационных (полевых) выработок* (рис. 1, б) по породе ниже уровня почвы рудного тела, на которые отбитая в блоках руда перепускается через участковые рудоспуски и грузится в транспортные средства.<sup>38</sup>

Концентрационные выработки, по которым как правило, осуществляется откатка руды локомотивными составами до околоствольного двора, находятся вне зоны обрушения, что гарантирует их устойчивость и проведение пути с рациональным профилем. Рудоспуски способны аккумулировать руду, поэтому работа локомотивной откатки на концентрационном горизонте не зависит от работы добычных забоев и средств доставки до рудоспусков.

*Подготовка рудных тел крутого падения* осуществляется *этажными* (рис. 1, в) или *групповыми* (рис. 1, г) *квершлагами*. При этажной подготовке подъемные сосуды загружаются на каждом этаже. При подготовке групповыми квершлагами руду перепускают с верхних этажей по капитальным рудоспускам на групповой квершлаг, на котором концентрируется добыча с вышележащих (через один или несколько) этажей.

При разработке месторождений в *гористых местностях* *вскрытие месторождения осуществляется штольней* (рис. 1, д). Перепуск руды с верхних горизонтов производится по капитальному рудоспуску, а спуск-подъем людей и материалов на добычные горизонты по слепому стволу.

---

<sup>38</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 123-130

За последние годы в некоторых случаях применяют *схему вскрытия вертикальным стволом* в сочетании с *наклонным спиральным автотранспортным уклоном* (рис. 1, е). При этой схеме перепущенная по рудоспускам на концентрационный горизонт руда, транспортируется к околоствольному двору и выдается скиповым подъемом по вертикальному стволу, а автотранспортный уклон служит для движения самоходных машин с одного горизонта на другой и на поверхность, а также для перевозки работников в автобусах и доставки автомобилями вспомогательных материалов и оборудования. В некоторых случаях при доработке нижних горизонтов, не вскрытых вертикальным стволом, может применяться также технологическая схема транспортирования руды самоходными машинами по автотранспортному уклону на концентрационный горизонт. Применение такой схемы требует специального обоснования по сравнению с вариантом углубки ствола и транспортирования по горизонтальным выработкам.

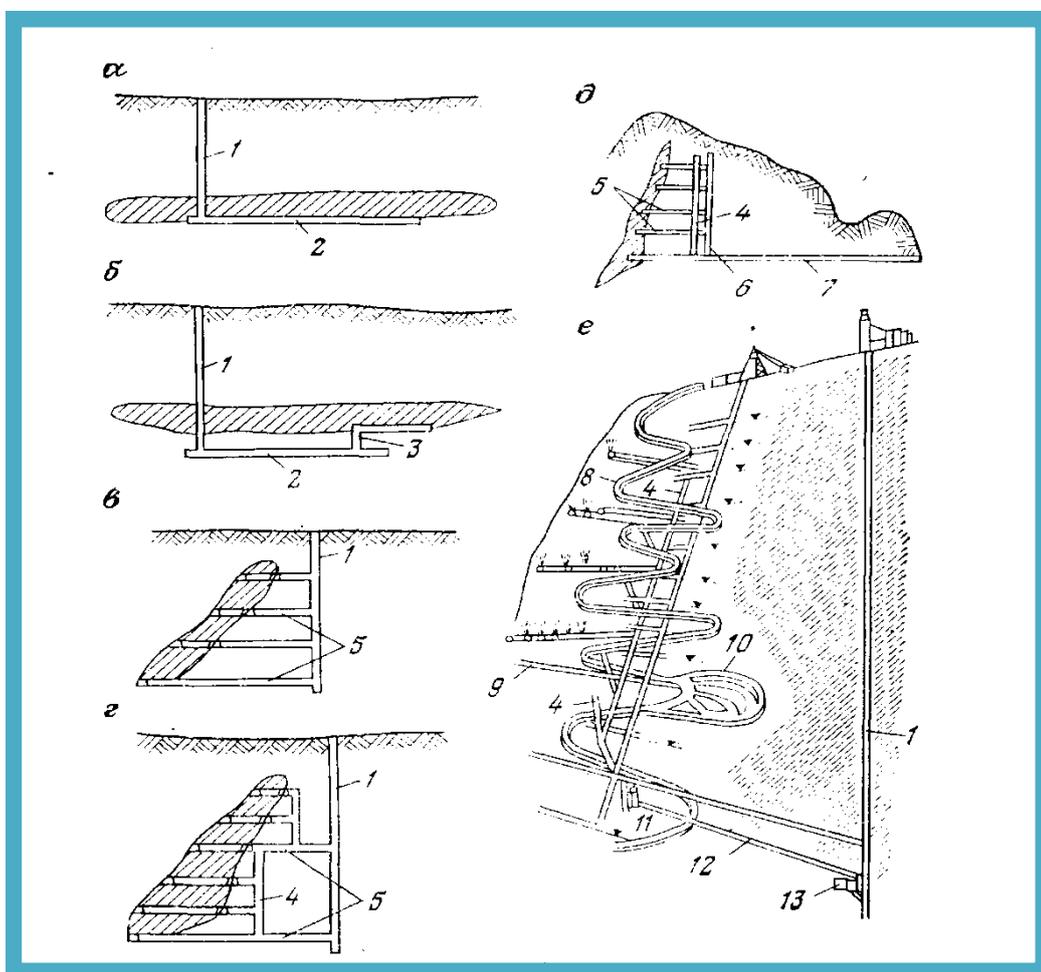


Рис. 1. Схемы вскрытия рудных месторождений: *а* — выработками по руде; *б* — полевыми выработками; *в* — этажными квершлагами; *г* — групповыми квершлагами; *д* — штольней; *е* — вертикальным стволом с автотранспортным уклоном (крутопадающих месторождений); 1 — ствол; 2 — откаточный штрек; 3 - участковый

рудоспуск; 4 — капитальный рудоспуск; 5 — квершлаг; 6 — слепой ствол; 7 — штольня; 8 — автотранспортный уклон; 9 — автотранспортная выработка; 10 — автомобильный гараж; 11 — дробильная камера; 12 — конвейер; 13 — загрузочный бункер скипового ствола

**Подготовка маломощных месторождений** при этажной разработке *обычно рудная*, месторождений *средней мощности и мощных — смешанная*.

При разработке жильных *месторождений малой мощности* применяется *схема подготовки с рудным штреком* (рис. 2, а), на котором производится загрузка вагонеток. При производственной мощности рудника *до 2 млн. т /год* применяется *тупиковая схема откатки* (рис. 2, з) с погрузкой вагонеток в ортах. Составы, находящиеся в ортах под погрузкой, не препятствуют движению по полевому штреку, который является основной транспортной выработкой.

При производственной мощности рудника *более 2 млн. т/год* применяется схема с *кольцевыми ортами* и двумя квершлагами (рис. 2, д), при которой поток груженых и порожних составов разделяется. При соответствующих горно-геологических условиях может применяться *комбинированная тупиково-кольцевая схема откатки*.

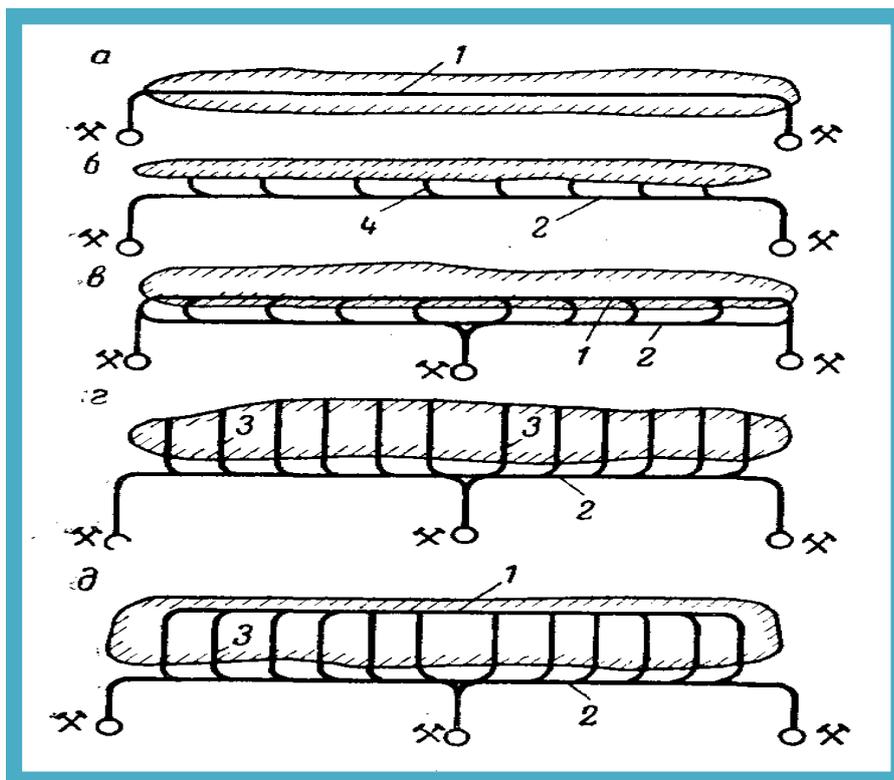


Рисунок 2. Схемы способов подготовки:

а — штрековая рудная подготовка с тупиковой схемой транспорта; б — штрековая полевая подготовка с тупиковой схемой транспорта; в — штрековая комбинированная подготовка с кольцевой откаткой; г — ортовая подготовка с тупиковой схемой транспорта; д — ортовая

подготовка с кольцевой схемой транспорта; 1 — рудный штрек; 2 — полевой штрек; 3 — орт; 4 — короткий квершлаг (восстающие на схемах не указаны).

Существующие *системы разработки* в зависимости *от способа транспортирования руды* подразделяют на две основные группы:

- *системы*, у которых в очистном пространстве *осуществляется механическое транспортирование руды* самоходными погрузочно-транспортными комплексами, конвейерами, скреперными и другими установками (камерные, слоевого обрушения, послойной выемки с закладкой и др.);

- *системы*, у которых руда выпускается *самотеком* на поэтажные или откаточные выработки (этажного принудительного обрушения, с поэтажными штреками и др.) с последующим транспортированием средствами механизации (обычно локомотивная откатка) по выработкам в днище блоков, которые принимают отбитую руду.

Независимо от схемы вскрытия и подготовки рудного месторождения в *технологических схемах транспорта* современного крупного горнодобывающего рудника широко применяют *самоходные транспортные машины* для откатки руды до рудоспуска. Перепущенная по рудоспуску руда поступает на концентрационный откаточный горизонт, по которому электровозами доставляется к скиповому стволу. В некоторых случаях применяют сквозную схему доставки полезного ископаемого от забоев до ствола самоходными транспортными машинами. При неглубоком залегании рудного тела и вскрытии наклонным стволом или при вскрытии недлинной штольной руда из забоев может доставляться автомобилями на поверхность непосредственно на обогатительную фабрику.<sup>39</sup>

На *магистральных выработках* применяют в основном *электровозный транспорт*, работа которого в зависимости от производственной мощности рудного тела осуществляется по трем принципиальным схемам.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как выбирается схема транспорта?
2. Какие оборудования используется для транспортировки руды?
3. Как обосновать выбор схемы транспорта?

#### **Используемые литературы:**

1.S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 123-130

### 3-практическая занятия: Методы определения производительностей и основных параметров буровых машин

**Цель работы:** Изучение методы определение основных показателей буровых станков, выбор компрессора для бурового станка.

**Постановка задачи:**

**Расчёт технической и эксплуатационной производительности буровых машин.** К основным факторам, влияющим на производительность буровых станков относятся следующие:

1. Трудность разрушение горной массы, которая оценивается категорией породы и ее состоянием;
2. Технические данные, состояние и конструктивно-производственная надежность станков;
3. Квалификация машиниста;
4. Организация работ, зависящая от своевременного снабжения топливом, энергией, запасными частями и т.п.

Эксплуатационная производительность определяется с учётом потерь времени по организационным причинам

$$Q_{б.с.} = \frac{60 \cdot T_{см} \cdot K_u}{t_{осн} + t_{всп}} \quad (3.1)$$

где  $T_{см}$  – время смены, час;

$K_u$  – коэффициент использования станка в течение смены, 0,5÷0,6;

$t_{осн}$  – время на бурение одного метра скважины, мин/м;

$t_{всп}$  – время на вспомогательные операции, мин/м.

Время на бурение одного метра скважины

$$t_{осн} = \frac{1}{V_{б}} \quad (3.2)$$

где  $V_{б}$  – техническая скорость бурения, м/мин.

Для станков шарошечного бурения она равна

$$V_{б} = \frac{3 \cdot P_{ос} \cdot n_{с}}{10^4 \cdot \Pi_{б} \cdot D_c^2} \quad (3.3)$$

Шнекового бурения

$$V_{б} = \frac{1.5 \cdot P_{ос} \cdot n_{с}}{10^2 \cdot \Pi_{б}^2 \cdot D_c^2} \quad (3.4)$$

Ударно-вращательного бурения

$$V_{б} = \frac{6 \cdot N_n}{10^3 \cdot \Pi_{б} \cdot D_c^2 \cdot K_{ф}} \quad (3.5)$$

где  $P_{oc}$  – осевое усилие подачи, кН;  
 $n_6$  – частота вращения бурового става, об/сек;  
 $N_n$  – мощность пневмоударника, кВт;  
 $\Pi_6$  – показатель трудности бурения, условно принимаем,  $\Pi_6 = f$ ;  
 $D_c$  – диаметр скважины, м;  
 $K_\phi$  – коэффициент, учитывающий форму коронки (для трехпёрых 1, для крестовых 1,1; для штыревых 1,15).

К вспомогательным операциям относятся:

- 1) подъём и разборка бурового става;
- 2) наращивание штанг при бурении;
- 3) переезд и установка станка на скважину;
- 4) перенос кабеля;
- 5) замена долота;
- 6) перехват гидропатрона;

На практике 2÷4 мин/м.

Шарошечное долото эффективно разрушает породу при высоких осевых нагрузках. С увеличением осевой нагрузки скорость бурения увеличивается. Однако верхний предел осевой нагрузки определяется прочностью шарошечного долота и его можно определить

$$P_{oc} = (60 \div 70) \cdot f \cdot D_{скв} \cdot 10^3 \quad (3.6)$$

где  $f$  – коэффициент крепости по шкале профессора М.М. Протодяконова;

$D_{скв}$  – диаметр скважины, м.

Рекомендуемые режимы бурения с учетом диаметра и типа долота приведены в таблице 3.3.

При ударно-вращательном бурении с погружным пневмоударником важно иметь частоту вращения долота такой, чтобы поворот лезвий между ударами обеспечивал скалывающий характер разрушения породы. Оптимальные значения угла поворота определяются опытным путем и составляют 2-6°. Чем выше крепость буримых пород, тем меньше должен быть угол поворота.

Скорость вращения долота

$$n_6 = \frac{N_y \cdot \beta \cdot z}{360} \quad (3.10)$$

где  $N_y$  – собственная частота пневмоударника, уд/мин;

$\beta$  – угол поворота долота между ударами, град;

$z$  – число лезвий долота.

Таблица 3.3 – Режим бурения шарошечных долот

Диаметр долота, см	Коэффициент крепости породы, f	Частота вращения долота, об/мин
16 и 20	4-6	150-160
	6-10	140-160
	10-12	120-130
	12-14	105-120
	14-16	80-110
25	6-10	140
	10-12	110
	12-14	88
	14-16	81
	16-18	72
32	10-12	110
	12-14	95
	14-16	80
	16-18	75

При ударно-вращательном бурении статическое усилие на коронку принимается в зависимости от типа пневмоударника. При небольшой осевой нагрузке при каждом ударном импульсе коронка отскакивает от забоя, что снижает скорость бурения. При высоком осевом усилии возникают большие силы трения коронки о забой скважины, что также увеличивает расход энергии вращателя.

Принимая частоту вращения при вращательном бурении режущими долотами, важно обеспечивать не только оптимальный процесс разрушения коронкой породы забоя, но также обеспечить условия выноса шнеком разрушенной породы из скважины. Критическое значение частоты вращения станков шнекового бурения

$$n_o = \frac{30}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot (\sin \alpha + f_1 \cdot \cos \alpha)}{R \cdot f_2}} \quad (3.11)$$

где  $\alpha$  – угол наклона спирали шнека, градус;

$f_1$  – коэффициент трения породы о шнек;

$R$  – радиус шнека;

$f_2$  – коэффициент трения породы о породу.

Необходимая частота вращения шнека должна превышать критическое значение.

Осевое усилие станков вращательного бурения режущими долотами определяется аналогично станкам шарошечного бурения (формула 3.9) и она должна превышать значение, рассчитанное по формуле <sup>40</sup>

$$P_{oc} = 5 \cdot \pi \cdot F_3 \quad (3.12)$$

где  $F_3$  – площадка затупления коронки,  $0,5 \div 3 \text{ см}^2$ .

### Определение расхода воздуха

Очистку забоя скважины газообразными агентами целесообразно применять в районах распространения многолетней мерзлоты, в безводных, пустынных и высокогорных районах, а также при бурении разрезов (при отсутствии водопритоков в них), сложенных нелипкими и несypучими породами, устойчивыми и пучающимися под влиянием промывочной жидкости.

В практике бурения для продувки скважин могут быть использованы сжатый воздух, естественный газ, выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания и пены. Обладая малой вязкостью и плотностью, газообразные агенты позволяют сравнительно легко создавать высокие скорости движения воздуха по сравнению с промывочными агентами, что является важнейшей функцией продувки.

Процесс движения газообразной среды в циркуляционной системе скважины со значительными перепадами давления принципиально отличается от процесса движения несжимаемой жидкости (бурового раствора). Поэтому расчетные соотношения, приведенные в предыдущем разделе, не пригодны для расчетов продувки.

При нормальных атмосферных условиях ( $p_k = p_0 = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$ ;  $T_{cp} = T_0 = 273 \text{ К}$ ), объемный расход воздуха вычисляется по формуле (в м<sup>3</sup>/мин)

$$Q_0 = \frac{\pi}{4} (D_c^2 - d^2) \cdot v_3 \cdot 60 \quad (1)$$

где  $D_c$  и  $d$  – соответственно диаметры скважины и бурильных труб, м;  $v_3$  – эквивалентная скорость восходящего потока воздуха,

$$v_3 = v_{в.ч} + u \quad (2)$$

$v_{в.ч}$  – скорость витания частиц,  $u$  – скорость выноса выбуренной породы, принимаемая равной  $u = 0,2 v_{в.ч}$  откуда

$$v_3 = v_{в.ч} + 0,2 v_{в.ч} \quad (3)$$

При бурении геологоразведочных скважин расход воздуха (в м<sup>3</sup>/мин) определяют по формуле

$$Q = K \frac{\pi}{4} (D_c^2 - d^2) v \quad (1a)$$

<sup>40</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 135-142

где  $K$  - коэффициент, учитывающий неравномерность скорости потока по стволу из-за местной повышенной разработки, наличия каверн и водопритоков в скважину ( $K=1,3\div 1,5$ );  $D_c$  - диаметр скважины с учетом ее разработки, м;  $d$  - диаметр бурильных труб, м.

Ориентировочно скорость восходящего потока воздуха (газа) принимают в следующих пределах: при бурении твердосплавными коронками 10-12 м/с; при алмазном бурении 15-18 м/с. Для бурения сплошным забоем в условиях «сухого» разреза скважины большинство отечественных и зарубежных исследователей при расчетах принимают  $v_3=15-25$  м/с.

Скорость витания определяется по формуле Риттингера

$$v_{в.ч} = \sqrt{4g/3k_c} \sqrt{\rho_n d_c / \rho_0} \quad (4)$$

где  $d_c$  - диаметр наибольших частиц шлама, подлежащих выносу.

Шлам, вынесенный на поверхность при бурении с продувкой в основном является пылевидным, а частицы размером более 3-5 мм имеют призматическую форму, что обеспечивает их транспортирование. По данным американских специалистов для частиц призматической формы  $k_c$  составляет 0,805 (песчаник) и 1,40 (известняк).

Диаметр наиболее крупных частиц породы для турбулентного их обтекания

$$d_v = v_3^2 \frac{3k_c}{4g} \frac{\rho_0}{\rho_n - \rho_0} \quad (5)$$

На больших глубинах давление и, следовательно, плотность воздуха возрастают, поэтому объемный расход воздуха, достаточный для транспортирования шлама из наиболее трудных условий (на забое, или непосредственно над УБТ), определяется из выражения

$$Q = Q_0 k_1 \quad (6)$$

где  $k_1$  - коэффициент, учитывающий уменьшение подъемной силы восходящего потока воздуха в зависимости от глубины скважины, вследствие потерь давления в кольцевом пространстве.

Значения коэффициента  $k_1$  (при геологоразведочном бурении) ориентировочно могут быть приняты по данным *табл. 15.1* или рассчитаны по формуле

$$k_1 = \sqrt{p_z / p_y} \quad (7)$$

$p_z, p_y$  - давление воздуха на забое и устье скважины.

В условиях малых и средних водопотоков  $Q$  необходимо увеличить (по сравнению с расчетным для «сухого» разреза) на 20-50%.

Бурение разведочных скважин с отбором керна и продувкой возможно и при подаче воздуха значительно меньше расчетной. При этом шлам из скважины удаляют при помощи шламовых труб. Необходимую минимальную подачу воздуха в этом случае рассчитывают по зазору между стенками скважины и колонковой и шламовой труб.

Для расчета расхода воздуха за рубежом используется методика Энджела, согласно которой

$$Q=Q_0+k_{vm}L, \quad (8)$$

где  $Q_0$  - расход воздуха без учета влияния глубины скважины  $L$  и механической скорости бурения (в м<sup>3</sup>/мин);  $k_{vm}$  - поправочный коэффициент, учитывающий увеличение расхода воздуха в зависимости от  $v_m$ , диаметра скважины и бурильных труб.

Таблица 1 Значения коэффициента  $k_1$

Диаметр скважины/наружный диаметр бурильных труб, мм	Скорость восходящего потока м/с	Коэффициент при глубине скважин, м									
		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
94/50	10-15	1,06	1,08	1,08	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,18	
114/50	10-15	1,05	1,07	1,10	1,11	1,14	1,16	1,18	1,20	1,22	
134/63,5	10-15	1,04	1,06	1,08	1,11	1,12	1,14	1,16	1,17	1,19	
154/63,5	10-15	1,03	1,05	1,07	1,08	1,11	1,12	1,14	1,15	1,16	

### Пример расчета

*Пример 1.* Найти диаметр наиболее крупных частиц шлама сферической формы для следующих условий:  $v_s=16$  м/с;  $\rho_n=2600$  кг/м<sup>3</sup>.

*Решение.* Приняв  $k_c=0,5$  по формуле (5)

$$d_v = 16^2 \frac{3-0,5}{4 \cdot 9,81} \frac{1,21}{2600-1,21} = 0,00455 \text{ м} = 4,55 \text{ мм}$$

*Пример 2.* Определить расход воздуха для бурения скважины глубиной  $L=300$  м, диаметром  $D_c=0,134$  м твердосплавными коронками и бурильными трубами  $63,5 \cdot 10^{-3}$  м при скорости восходящего потока воздуха  $v_v=15$  м/с. Интенсивность водопротоков средняя.

*Решение.* Требуемое количество воздуха определим по формуле (1,а).

Поскольку интенсивность водопротоков средняя, примем  $k=1,5$ . Тогда

$$Q_0 = 1,5 \cdot \frac{3,14}{4} (0,134^2 - 0,0635^2) \cdot 60 \cdot 15 = 14,8 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Из табл. 1 находим  $k_1=1,06$ . Тогда по формуле (6)

$$Q = 14,8 \cdot 1,06 \approx 15,7 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

### **Контрольные вопросы**

1. Обосновать выбор типа бурения скважины?
2. Как рассчитывается скорость бурения?

### **Используемые литературы**

1. S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 135-142

#### 4-практическая занятия:

### Расчет основных показателей карьерных выемочно-погрузочных машин

**Цель работы:** Изучение методы анализа и определение основных технико-экономических показателей одноковшовых экскаваторов и драглайнов.

#### Постановка задачи:

**Определение основных показателей одноковшовых экскаваторов.** Основные данные о породе, разрабатываемой экскаваторами, приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика разрабатываемых экскаватором ЭКГ пород

Коэффициент крепости по шкале пр. Протодяконова	Порода	Удельное сопротивление копанию $K_F$ , МПа	Коэффициент разрыхления Коэффициент	Плотность породы, т/м <sup>3</sup>
2-6	Мягкие и рыхлые грунты	0,18	1,2 1,0	1,6
7-10	Очень плотные грунты и полускальные породы	0,34	1,3 0,9	2,2
11-14	Прочные полускальные породы, взорванная скала	0,4	1,4 0,8	3,0
15-20	Руды, плохо взорванная скала	0,7	1,5 0,7	3,8

Для мехлопат масса ковша определяется по формуле

$$M_k = C_1 \cdot E \quad (3.1)$$

где  $C_1$  – коэффициент тары ковша с подвеской.

Значение коэффициентов  $C_1$  для вычисления массы ковша в зависимости от условий работы

Условия работы	$C_1$
Лёгкие	0,9 – 1,2
Средние	1,5 – 1,7
Тяжёлые	1,8 – 2,1
Особо тяжёлые	2,1 – 2,4

При определении значения коэффициента для конкретной модели экскаватора необходимо использовать интерполяцию

$$K_i = K_n + \frac{K_k - K_n}{E_k - E_n} (E_i - E_n) \quad (3.2)$$

где  $K_n$  – начальное значение коэффициента;  
 $K_k$  – конечное значение коэффициента;  
 $E_k$  – конечная ёмкость ковшей ЭКГ, 20 м<sup>3</sup>;  
 $E_n$  – начальная ёмкость ковша, 2 м<sup>3</sup>;  
 $E_i$  – заданная ёмкость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>.

К массе ковша следует добавить массу коромысла у мехлопаты, составляющую 15% массы ковша.

Размеры ковша определяются по формулам:

Искомые параметры, м	Формула
Ширина	$B = 1,2 \cdot \sqrt[3]{E}$
Длина	$l = 0,77 \cdot B$
Высота	$h = 0,75 \cdot B$

Масса стрелы и рукояти определяется по формулам

$$M_{стр} = C_3 \cdot M_k, \quad M_{рук} = C_4 \cdot M_k \quad (3.3)$$

где  $C_3$  и  $C_4$  – коэффициенты пропорциональности (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Значение коэффициентов

Рукоять	$C_3$	$C_4$
Внешняя двухбалочная незарегуженная	1,55 – 1,7	0,8 – 1
Внутренняя однобалочная ЭКГ разгруженная от кручения	1,2 – 1,4	0,4 – 0,45

К основным факторам, влияющим на производительность экскаватора, относятся следующие<sup>41</sup>:

1. Трудность разработки горной массы, которая оценивается категорией породы и ее состоянием. При разработке, например, влажной глинистой породы, которая налипает на ковш, уменьшается полезный объем последнего и увеличивает продолжительность цикла из-за более длительной разгрузки ковша. В зимних условиях плохо раздробленный мерзлый грунт также снижает коэффициент наполнения ковша;
2. Технические данные, состояние и конструктивно-производственная надежность экскаватора;
3. Квалификация машиниста;
4. Качество забоя, оцениваемое его высотой, условиями подхода транспорта к месту погрузки, освещенностью;

<sup>41</sup> S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 147-150

5. Организация работ, зависящая от достаточности транспортных средств, состояния дорог, своевременного снабжения топливом, энергией, запасными частями и т.п.

Различают теоретическую, техническую и эксплуатационную производительность экскаватора.

Теоретическая производительность экскаватора  $Q_{т.ч}$  ( $м^3/ч$ ) по рыхлой массе  $Q_{м.ч} = 60 \cdot E \cdot n_z$ ,  $м^3/ч$  (4.1)

где  $E$  – емкость ковша,  $м^3$ ;

$n_z$  – число разгружаемых в минуту ковшей,  $мин^{-1}$ .

Для многоковшовых экскаваторов  $n_z$  указывается в технической характеристики, для одноковшовых экскаваторов в технической характеристики дается длительность цикла  $t_{ц}$ , а  $n_z$  рассчитывается по формуле

$$n_z = 60 \cdot t_{ц}^{-1}, \quad (4.2)$$

Продолжительность цикла обычно указывается для угла поворота, равного  $90^0$ . Для углов поворота отличных от  $90^0$ , время цикла умножают на коэффициент корректировки, который приводится в справочниках.

Техническая производительность  $Q_{тех}$  ( $м^3/ч$ ) равна

$$Q_{тех} = Q_{т.ч} \cdot \frac{K_n}{K_p} \cdot \frac{t_p}{t_p + t_{п}} = 60 \cdot E \cdot n_z \cdot \frac{t_p}{t_p + t_{п}} \cdot K_{эк}, \quad м^3/ч \quad (4.3)$$

где  $K_n$  и  $K_p$  – коэффициенты соответственно наполнения ковша и разрыхления породы  $K_n=0,8-1,1$  и  $K_p=1,1-1,5$ ;

$t_p$  – длительность непрерывной работы экскаватора с одного места стояния или при одном направлении движения рабочего органа;

$t_{п}$  – длительность одной передвижки (для одноковшовых экскаваторов) или перемены направления движения рабочего органа (для многоковшовых);

$K_{эк}=K_n/K_p$  – коэффициент экскавации.

Эксплуатационная производительность  $Q_{э}$  ( $м^3/смену$ ) равна

$$Q_{э} = Q_{тех} \cdot T_c \cdot K_B = 60 \cdot \frac{t_p}{t_p + t_{п}} \cdot K_{эк} \cdot E \cdot n_z \cdot T_c \cdot K_B, \quad м^3/смена \quad (4.4)$$

где  $T_c$  – длительность смены, ч;

$K_B$  – коэффициент использования экскаватора во времени

Для экскаваторов, работающих с погрузкой в железнодорожные вагоны,  $K_B$  принимается равным 0,55-0,8, с погрузкой в автосамосвалы, на конвейеры и в отвал 0,8-0,9.

### Пример расчета экскаватора ЭКГ-20

С речным напором	
Вместимость ковша основного	20 м <sup>3</sup>
Вместимость ковшей сменных	16, 25 м <sup>3</sup>
Радиус копания наибольший	23,4 м

Радиус черпания на уровне стояния	15,2 м
Высота черпания наибольшая	17 м
Радиус выгрузки наибольший	20,9 м
Высота выгрузки наибольшая	11,5 м
Радиус хвостовой части	10 м
Просвет под поворотной платформой	3 м
Длина гусеничного хода	12,55 м
Ширина гусеничной ленты	1800 мм
Среднее удельное давление на грунт при передвижении	3,16/2,8 кгс/см <sup>2</sup>
Среднее удельное давление на грунт при передвижении	320/286 кПа
Наибольшее усилие на подвеске ковша	2000 кН
Расчетная продолжительность цикла на угол 90град	28 с
Наибольший преодолеваемый угол подъема	12 град
Тип электропривода	ТП-Д
Мощность сетевого двигателя	2250 кВт
Масса рабочая	1075000 кг

Часовая производительность экскаватора при непрерывной работе определяется по выражению

$$Q_{ч} = 60 \cdot E \cdot n_z$$

где  $E$  – геометрическая вместимость ковша, м<sup>3</sup>;  
 $n_z$  – расчетное число циклов в минуту, мин<sup>-1</sup> (число ковшей, разгружающихся в минуту);

$T_{ц}$  – фактическая (расчетная) продолжительность цикла, с.

$$Q_{ч} = \frac{3600 \cdot 20}{28} = 2571,4 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Сменная производительность экскаватора находится по формуле

$$Q_{см} = 60 \cdot E \cdot n_z \cdot \frac{t_p}{t_p + t_n} \cdot \frac{K_H}{K_P} \cdot T_c \cdot K_e$$

где  $t_p$  – продолжительность непрерывной работы экскаватора с одного положения, с;

$t_n$  – продолжительность одной передвижки, с;

$K_n$  – коэффициент наполнения ковша (см табл. 1) ;

$K_p$  – коэффициент разрыхления горных пород. (см.табл. 1);

$T_c$  – продолжительность смены, час;

$K_s$  – коэффициент использования сменного времени экскаватора, принимаемый 0.55÷0.8 при погрузке в железнодорожные вагоны и 0.8÷0.9 в автосамосвалы, на конвейеры и в отвал.

$$Q_{см} = 2571,4 \cdot 0,85 \cdot \frac{1}{1,2} \cdot 12 \cdot 0,8 = 17485,5 \text{ м}^3/\text{смену}$$

#### **Контрольные вопросы:**

1. Расчет основных параметров экскаваторных ковшов?
2. Как рассчитывается производительность экскаваторов?

#### **Используемые литературы:**

1. S. Fiscor. A New World order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus unveils its future intentions. E&MJ October 2011. p. 147-150

## V. БАНК КЕЙСОВ

### КЕЙС №1

#### Пути решения оптимизационных задач общей динамики буровых долот

**Цель работы:** Решения оптимизации динамики бурения взрывных скважин.

**Проблема задачи:** Определение динамики резания горных пород шарошками при бурении взрывных скважин.

**Исходные данные:**

1. Изучение бурения буровыми долотами;
2. Оптимизация динамики буровых долот.

**Порядок выполнения работы:**

Исследование в области затрат энергии динамических систем от сил сопротивления движения

Предлагаемое исследование относится к механики, в частности, к разделу динамики систем, функционирующих в среде сопротивления.

Как известно, классическая механика базируется на постулатах в форме законов и принципов.

«Механику принято разделять на кинематику и кинетику. В кинетике изучается движение тел с геометрической точки зрения без учета причин, вызывающих изменений этого движения, т.е. сил. По существу кинематика представляет собой геометрию движущихся пространственных объектов или геометрию четырех измерений, причем четвертым измерением является время.

Кинетика посвящена изучению движения материальных тел в зависимости от действия на них сил и разделяется на статику - изучение о равновесии тел под действием на них сил и динамику - учение о движении под действием сил. В динамике решается наиболее общая задача теоретической механики, а именно: по данным силам, действующим на тело, определить движение этого тела и, наоборот, по данному движению тела найти силы на него действующие» [1, 2].

Исторически наиболее ранним принципом динамики является принцип Мопертюи-Лагранжа в следующей формулировке:

«Действительное движение голономной консервативной системы между двумя заданными конфигурациями  $A$  и  $B$  отличается от кинематических возможных движений, совершаемых между теми же конфигурациями и с той же полной энергией тем, что для действительного движения полная вариация действия по Лагранжу равна нулю».

Математически это означает, что для действительного движения

$$\Delta \int_0^{t_1} 2T dt \equiv W = 0$$

Функция

$$W = \int_0^{t_1} 2T dt = \int_0^{t_1} \sum_{j=1}^n m_j v_j^2 dt$$

называется действием по Лагранжу и является всегда положительной и ограниченной только снизу.

где  $T$  - кинетическая энергия, нм/сек;

$m$  - масса, н;

$v$  - скорость, м/сек;

$t$  - время, сек;

$n$  - количество частиц, шт.

Основоположником же этого принципа был Мопертюи (1744 год) со следующей формулировкой.

«Для действительного движения частицы интеграл от  $v ds$ , взятый по отрезку траектории между двумя какими-либо ее точками, есть минимум по сравнению с такими же интегралами, взятыми по отрезкам других кривых, проведенными между теми же точками».

Интеграл  $\int v ds$ , где  $v$  – скорость частицы, Мопертюи назвал «действием», а сам принцип - принципом наименьшего действия.

Позже этому вопросу были посвящены работы Эйлера, Гамильтона, Якоби, принципы которых сейчас являются частными случаями принципа Мопертюи-Лагранжа, т.е. без полных вариаций.

Несмотря на безупречность, теоретическую достоверность и огромный вклад в научное мировоззрение этих принципов на динамические процессы, остаются все-таки вопросы, связанные с конкретикой поведения динамических систем: с возможной вариацией режимов движения этих систем; с возможностью и путями переходов динамических систем из одних режимов движения в другие; со сравнительными затратами энергии динамических систем в средах сопротивления в разных режимах движения и т.д.

Эти и другие подобные им вопросы возникают в силу того, что этих принципов оказалось недостаточно для объяснения таких, например, явлений и эффектов, как многогранная форма образования поперечных сечений расверливаемых отверстий и буримых скважин с закономерностью -  $n$ - лезвий,  $n+1$  - грань поперечного сечения отверстия [3, 4], как гидродинамические эффекты, например, эффекта Сегре-Зильберберга [5], таких как наличие критических оборотов быстровращающихся валов с дисками [6].

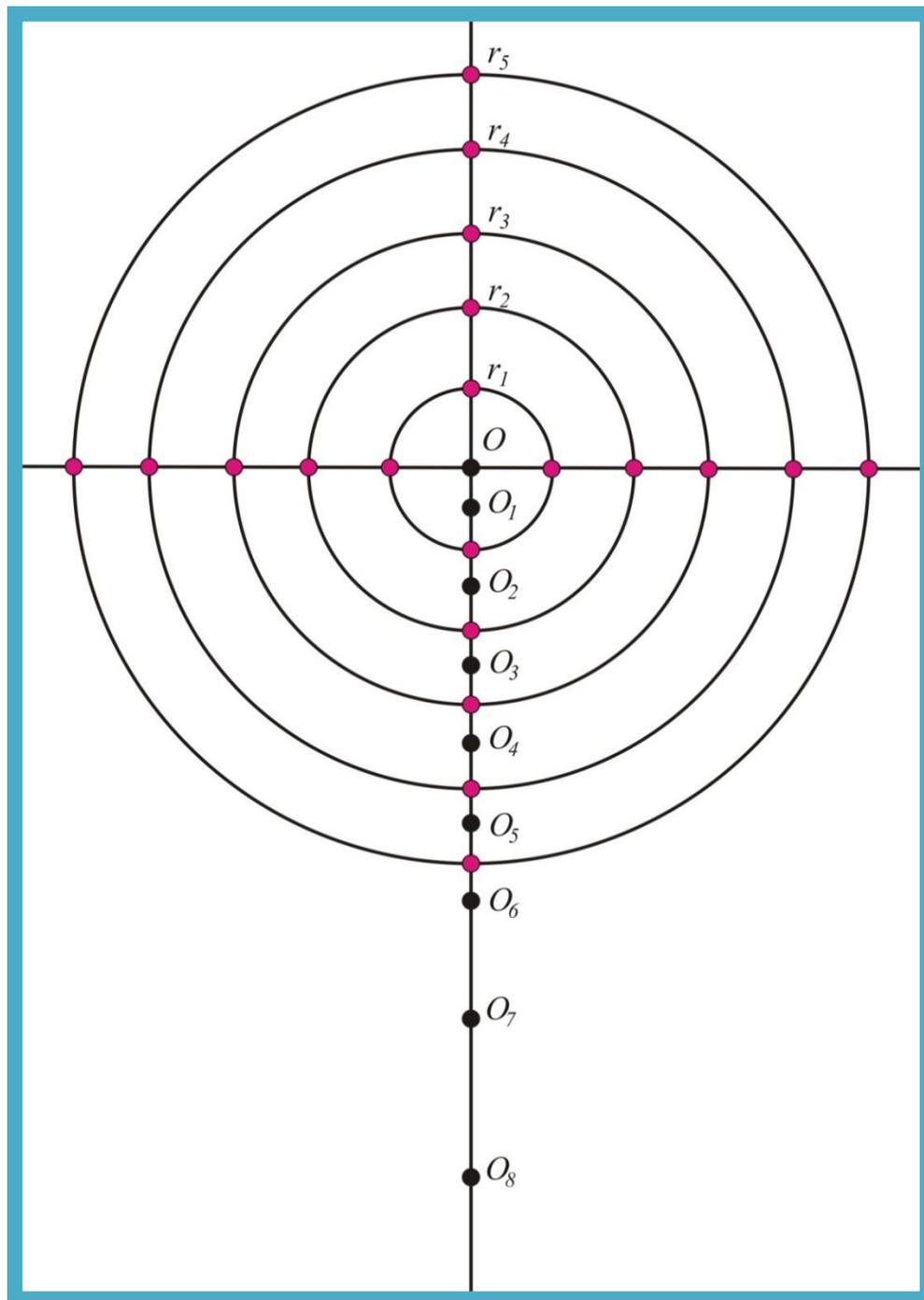
Сюда же можно отнести и циклонические процессы, зарождающиеся на полюсах Земли [7], которые по меткому выражению метеорологов называют «кухнями погоды» и многое другое, что связано с функционированием динамических систем.

С целью теоретического исследования в этом плане построим функцию затрат энергии от сил сопротивления движения выступов, размещенных на торце диска, вращающегося на шероховатой поверхности в трех возможных режимах движения: в центричном, эксцентричном и бицентричном (рис. 5.1).

При вычислениях примем:

1. Диск диаметром 20 единиц длины.
2. Выступов на торце диска 20: по 10 штук на вертикальном и горизонтальном диаметрах.
3. Выступы размещены с шагом в две единицы.
4. Площади торцов диска примем за единицу.
5. Силы сопротивления движению выступов на всем пути их контакта с шероховатой поверхностью постоянны.
6. Время движения выступов ограничено одним оборотом диска вокруг неподвижного центра.
7. Скорости вращения дисков вокруг неподвижных центров в заданном промежутке времени и режиме постоянны.

Иначе говоря, поскольку нам будет необходим лишь сравнительный анализ энергий при различных режимах функционирования той или иной механической системы, то ограничимся только их путями контакта, которые определяют в прямой зависимости энергозатраты в тех или иных режимах функционирования.



**Рис. 1.** Схема диска с выступами, контактирующими с шероховатой поверхностью, для вычисления их путей контакта в центричном, эксцентричном и бицентричном режимах вращения

**Исследование в области затрат энергии динамических систем от сил сопротивления движения**

Предлагаемое исследование относится к механики, в частности, к разделу динамики систем, функционирующих в среде сопротивления.

Как известно, классическая механика базируется на постулатах в форме законов и принципов.

«Механику принято разделять на кинематику и кинетику. В кинетике изучается движение тел с геометрической точки зрения без

учета причин, вызывающих изменений этого движения, т.е. сил. По существу кинематика представляет собой геометрию движущихся пространственных объектов или геометрию четырех измерений, причем четвертым измерением является время.

Кинетика посвящена изучению движения материальных тел в зависимости от действия на них сил и разделяется на статику - изучение о равновесии тел под действием на них сил и динамику - учение о движении под действием сил. В динамике решается наиболее общая задача теоретической механики, а именно: по данным силам, действующим на тело, определить движение этого тела и, наоборот, по данному движению тела найти силы на него действующие» [1, 2].

Исторически наиболее ранним принципом динамики является принцип Мопертюи-Лагранжа в следующей формулировке:

«Действительное движение голономной консервативной системы между двумя заданными конфигурациями  $A$  и  $B$  отличается от кинематических возможных движений, совершаемых между теми же конфигурациями и с той же полной энергией тем, что для действительного движения полная вариация действия по Лагранжу равна нулю».

Математически это означает, что для действительного движения

$$\Delta \int_0^{t_1} 2T dt \equiv W = 0$$

Функция

$$W = \int_0^{t_1} 2T dt = \int_0^{t_1} \sum_{j=1}^n m_j v_j^2 dt$$

называется действием по Лагранжу и является всегда положительной и ограниченной только снизу.

где  $T$  - кинетическая энергия, нм/сек;

$m$  - масса, н;

$v$  - скорость, м/сек;

$t$  - время, сек;

$n$  - количество частиц, шт.

Основоположником же этого принципа был Мопертюи (1744 год) со следующей формулировкой.

«Для действительного движения частицы интеграл от  $v ds$ , взятый по отрезку траектории между двумя какими-либо ее точками, есть минимум по сравнению с такими же интегралами, взятыми по отрезкам других кривых, проведенными между теми же точками».

Интеграл  $\int v ds$ , где  $v$  - скорость частицы, Мопертюи назвал «действием», а сам принцип - принципом наименьшего действия.

Позже этому вопросу были посвящены работы Эйлера, Гамильтона, Якоби, принципы которых сейчас являются частными случаями принципа Мопертюи-Лагранжа, т.е. без полных вариаций.

Несмотря на безупречность, теоретическую достоверность и огромный вклад в научное мировоззрение этих принципов на динамические процессы, остаются все-таки вопросы, связанные с конкретикой поведения динамических систем: с возможной вариацией режимов движения этих систем; с возможностью и путями переходов динамических систем из одних режимов движения в другие; со сравнительными затратами энергии динамических систем в средах сопротивления в разных режимах движения и т.д.

Эти и другие подобные им вопросы возникают в силу того, что этих принципов оказалось недостаточно для объяснения таких, например, явлений и эффектов, как многогранная форма образования поперечных сечений рассверливаемых отверстий и буримых скважин с закономерностью -  $n$ - лезвий,  $n+1$  - грань поперечного сечения отверстия [3, 4], как гидродинамические эффекты, например, эффекта Сегре-Зильберберга [5], таких как наличие критических оборотов быстровращающихся валов с дисками [6].

Сюда же можно отнести и циклонические процессы, зарождающиеся на полюсах Земли [7], которые по меткому выражению метеорологов называют «кухнями погоды» и многое другое, что связано с функционированием динамических систем.

С целью теоретического исследования в этом плане построим функцию затрат энергии от сил сопротивления движения выступов, размещенных на торце диска, вращающегося на шероховатой поверхности в трех возможных режимах движения: в центричном, эксцентричном и бицентричном (рис. 5.1).

При вычислениях примем:

1. Диск диаметром 20 единиц длины.
2. Выступов на торце диска 20: по 10 штук на вертикальном и горизонтальном диаметрах.
3. Выступы размещены с шагом в две единицы.
4. Площади торцов диска примем за единицу.
5. Силы сопротивления движению выступов на всем пути их контакта с шероховатой поверхностью постоянны.
6. Время движения выступов ограничено одним оборотом диска вокруг неподвижного центра.
7. Скорости вращения дисков вокруг неподвижных центров в заданном промежутке времени и режиме постоянны.

Иначе говоря, поскольку нам будет необходим лишь сравнительный анализ энергий при различных режимах функционирования той или иной механической системы, то ограничимся только их путями контакта, которые определяют в прямой зависимости энергозатраты в тех или иных режимах функционирования.



## КЕЙС №2

### Повышение технологической надежности карьерных экскаваторов

**Цель работы:** Повышение технологической надежности карьерных экскаваторов

**Проблема задачи:** *Определение последовательность ремонта и объем работы при ремонте карьерных экскаваторов типа ЭЖГ.*

**Исходные данные:**

1. *Проблемы повышения технологической надежности карьерных экскаваторов;*
2. *Анализ технического состояния действующего экскаваторного парка.*

**Порядок выполнения работы**

Эффективное использование оборудования по назначению, повышение качества ремонта горного оборудования и квалификации машинистов, водителей, ремонтников, а также совершенствование системы технического обслуживания и ремонта— острые проблемы горнодобывающих предприятий.

Причем в качестве главной проблемы все-таки следует назвать обеспечение высокой технологичности горного оборудования при ремонтах, т.е. совокупность свойств, позволяющих добиться оптимальных затрат времени, труда и средств при ремонтах, исходя из показателей качества, объема производства и условий выполняемых работ. Необходимость научного подхода к решению данной задачи вызвана еще и тем, что на предприятиях горной промышленности в ремонтной службе ощущается острый недостаток запчастей, специального оборудования.

Техническое состояние промышленной продукции, каковой являются

карьерные экскаваторы, оценивается количественными характеристиками од-ного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество.

Различают следующие показатели качества продукции:

единичный, если он характеризует только одно из свойств продукции;

комплексный, если он характеризует несколько ее свойств;

определяющий— показатель качества продукции, по которому принимают решение оценивать ее качество;

интегральный— отношение суммарного полезного эффекта от эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

Примерами единичных показателей могут служить наработка на отказ  $T_0$ ,

ресурс, уровень вибрации и др. Нарботка на отказ— это среднее время бесперебойной работы между соседними отказами— для ремонтируемых изделий:

$$T_0 = 1/n_{to} \sum_{i=1}^{nt} T_{oi},$$

где  $T_{oi}$  – промежутки времени между отказами;  
 $n_{to}$  – количество промежутков времени между отказами.

Примером комплексного показателя может быть коэффициент готовности  $K_r$ , т.к. он характеризует одновременно безотказность(наработку на отказ  $T_0$ ) и ремонтпригодность (среднее время восстановления  $T_v$ ). Коэффициент готовности имеет физический смысл— вероятность того, что изделие окажется работоспособным в любой промежуток времени между периодами планового технического обслуживания.

$$K_r = T_0 / (T_0 + T_v).$$

Интегральный показатель качества  $J$  продукции может быть вычислен по формуле:

$$J = \frac{\mathcal{E}}{Z_c \frac{(1+E_n)^t}{\sum_{i=1}^t (1+E_n)^i} + Z_3(t)},$$

где  $\mathcal{E}$ — суммарный полезный эффект от эксплуатации или потребления продукции;

$Z_c$ — суммарные затраты на создание продукции;

$t$ — срок службы продукции, лет;

$Z_3$ — суммарные затраты на эксплуатацию продукции (техническое обслуживание, ремонт);

$E_n$ — нормативный коэффициент экономической эффективности.

Для решения практических задач, связанных с количественной оценкой качества продукции, применяется ограниченная совокупность показателей качества, регламентированных ГОСТ четвертой группы и РД50-64-84.

Выбор вида представления показателей качества зависит от того, сравниваются ли машины одного типоразмера, одного типа разных типоразмеров или машины разных типов и типоразмеров одного функционального назначения.

## КЕЙС №3

### Обоснование рациональной производительности экскаваторов-мехлопат в различных условиях эксплуатации на угледобывающих предприятиях

**Цель работы:** Повышение рабочих параметров экскаваторов посредством обеспечения их рациональной производительности в различных условиях эксплуатации.

**Проблема задачи:** Определение оптимальных параметров работы экскаваторов для разных разрезов.

**Исходные данные:**

1. Обосновать критерий эффективности использования экскаваторов-мехлопат в различных условиях эксплуатации.;
2. Выявить условия эксплуатации, существенно влияющие на надежность экскаваторов-мехлопат.

**Порядок выполнения работы**

Сравнительный анализ структуры календарного фонда времени эксплуатации экскаваторов-мехлопат по отчетности предприятий и структуры календарного фонда времени эксплуатации этих машин, выявленной на основе хронометражных данных, позволил установить, что на этих угольных разрезах не учитывается значительная часть времени простоев горных машин и время технологически не обоснованного их использования как в системе производственной эксплуатации, так и в системе технического обслуживания и ремонта. Анализ использования экскаваторов-мехлопат в процессах производственной эксплуатации и технического обслуживания и ремонта позволил уточнить структуру календарного фонда времени их работы и выделить функциональное время использования этих машин. Это дает возможность выявить резервы повышения производительности оборудования.

Под функциональным временем производственной эксплуатации понимается время, в течение которого оборудование выполняет свою функцию с рациональными параметрами; под функциональным временем технического обслуживания и ремонта экскаватора время, в течение которого эти процессы осуществляются с рациональными параметрами.

Функциональное время производственной эксплуатации и функциональное время технического обслуживания и ремонта определяются следующим образом:

1. Функциональное время производственной эксплуатации экскаватора

$$T_{пэ}^{\phi} = \frac{V}{Q_{ч}^r}, \text{ ч,}$$

где V–фактически выполненные объемы экскавации, м<sup>3</sup>; Q–техническая производительность экскаваторов-мехлопат при рациональных

параметрах технологических процессов в системе производственной эксплуатации, м<sup>3</sup>/ч.

$$Q_{\text{ч}}^T = \frac{3600}{T_{\text{ц}} \times K_o} \times E_{\text{к}} \times K_{\text{э}} \times K_{\text{всп}}, \text{ М}^3/\text{ч},$$

Где:  $T_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла, с;

$K_o$ — коэффициент, учитывающий технологическое время обмена транспорта;

$E_{\text{к}}$ — емкость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;

$K_{\text{э}}$ — коэффициент экскавации горной массы;

$K_{\text{всп}}$ — коэффициент, учитывающий рациональное время перегона экскаватора, зачистки рабочей площадки, взрывания горной массы.

Анализ структуры календарного фонда времени экскаваторов -мехлопат показывает, что эффективность его использования в системе производственной эксплуатации находится в интервале 0,30 -0,34, а в системе технического обслуживания и ремонта – 0,12-0,15. В результате сравнения этих значений видно, что в системе производственной эксплуатации экскаваторов-мехлопат эффективность использования времени значительно (в 2,5 -2,7 раза) выше, чем в системе технического обслуживания и ремонта. Это соотношение характерно для большинства отечественных угольных разрезов. Между тем значение показателя использования времени в системе производственной эксплуатации экскаваторов-мехлопат существенно меньше, чем на предприятиях экономически развитых стран, что свидетельствует о наличии значительных резервов его повышения на угледобывающих предприятиях.

## **VI. ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Слушатель во время подготовки самостоятельной работы по данному модулю должен:

- изучат главы и содержание учебника и учебных пособий по предмету;
- освоить по раздаточному материалу определенные части лекций;
- работать над темами модуля с использованием специальной литературы;
- глубоко изучить главы предмета, связанные с выполнением учебно-научной работой;
- использовать интерактивные методы обучения, дистанционное обучение.

### **Темы самостоятельных работ:**

1. Эксплуатация и ремонт проходческих машин подземных разработок.
2. Основные проблемы использования подземных добычных машин.
3. Анализ конструкции механических частей буровых станков открытых горных работ.
4. Конструкция рабочих оборудований буровых станков и их выбор в зависимости от горно-геологических условий открытых горных работ.
5. Статический расчет одноковшовых механических экскаваторов.
6. Технологические схемы эксплуатации одноковшовых механических экскаваторов.
7. История буровых работ.
8. Разработанные оборудования, машины для бурения и их эксплуатация.
9. Новые разработки при разработки буровых машин.
10. Современные буровые машины, типы, технические показатели, конструкции, принцип действия.
11. Расчет расхода воздуха для бурения, выбор мощности компрессора.
12. Использование автоматизированной системы при бурении.

## VII. ГЛОССАРИЙ

ANFO -	Аммиачная селитра Мазут смесь: взрывная наиболее часто используемых в шпуров.	Ammonium Nitrate Fuel Oil mixture: explosive most commonly used in blast-holes.
Auto Lube System -	Насос, который обеспечивает смазку для различных компонентов сверла через шланги. Он может быть ручным или ком-пьютер под контролем.	A pump that provides grease to various components of the drill through hoses. It can be manual or com-puter controlled.
Coring -	Все сверла имеют более низкую температуру или охладители для гидравлической жидкости и масла компрессора. Радиатор двигателя также иногда называют систему охлаждения двигателя.	The act of procuring a sample of the formation being drilled for geological information purposes.
Crown Пучки -	Набор деревянных шпалах или металлических пластин, используемых для добавления площади поверхности к гнезду колодки, чтобы предотвратить площадку от погружения в землю. Также называется блокировкой.	The upper sheaves in a tower that supports the cable that connects to the rotary head.
Dip -	Угол между горизонтальной плоскостью и плоскостью рудного вены, измеренный под прямым углом к простиранию.	The angle between a horizontal plane and the plane of the ore vein, measured at right angles to the strike.
Drill Table -	Область в нижней части башни, которая содержит централизатор втулку или мастер втулки, что бурильная труба перемещается через.	The area at the bottom of the tower that contains the centralizer bushing or master bushing that the drill pipe travels through.
Fill -	Процесс перемещения материала в депрессию,	Process of moving material into a depression to raise

	чтобы поднять его уровень; часто следит за процессом резки.	its level; often follows the cut process.
Fish –	Объект случайно потерян в отверстии.	An object accidentally lost in the hole.
Fishing –	Операции по дрелью с целью извлечения рыбы из отверстия.	Operations on the drill for the purpose of retrieving the fish from the hole.
Fishing Magnet –	Магнит запустить в отверстие на немагнитической линии, чтобы подобрать любые небольшие кусочки металла.	Magnet run in the hole on non-metallic line, to pick up any small pieces of metal.
Fishing Tools –	Инструменты различных видов работают в отверстие, чтобы помочь в извлечении рыбы из отверстия. Overshots gt над трубой в то время как краны подходят внутри трубы.	Tools of various kinds run in the hole to assist in retrieving a fish from the hole. Overshots gt over the pipe while taps fit inside the pipe.
Flats –	Обработанные участки на стороне бурильной трубы или других компонентов, где ключи могут быть установлены, чтобы держать или сломать суставы. Некоторые трубы имеют две квартиры, остальные четыре квартиры.	Machined areas on the side of drill pipe or other components where wrenches can be installed to hold or break the joints. Some pipe have two flats, others have four flats.
Rotary Drilling –	Метод тренировки, которая зависит от вращения колонки трубы, к основанию которой приложен немного. Воздух или жидкость распространены, чтобы удалить сокращения.	The method of drilling that depends on the rotation of a column of pipe to the bottom of which is attached a bit. Air or fluid is circulated to remove the cuttings.
Rotary Head –	Подвижная коробка передач имела обыкновение обеспечивать вращение бурильной колонне. Это	A movable gearbox used to provide rotation to the drill string. It is connected to the feed chains or cables on each end and to the drill

	связано с цепями подачи или кабелями на каждом конце и к бурильной колонне через шпиндель.	string through the spindle.
Safety Hook –	Приложенный до конца линии подъема, чтобы обеспечить штепсель подъема или подъем залога. Имеет замок безопасности, чтобы препятствовать тому, чтобы груз ускользнул крюк.	Attached to the end of a hoist line to secure the hoist plug or lifting bail. Has a safety latch to prevent the load from slipping off the hook.
Scales –	Оборудование имело обыкновение определять вес и ценность материала, транспортируемого от карьера.	Equipment used to determine the weight and value of material being trans-ported from a quarry.
Screens –	Устройства имели обыкновение разделять отходы на группы подобного размера.	Devices used to separate broken material into groups of similar size.
Shock sub –	Устройство имело обыкновение изолировать шок тренировки от ротационного главы. Это сделано из слоев твердого каучука, установленных в стальных внешних кольцах.	A device used to isolate the shock of drilling from the rotary head. It is made of hard rubber layers mounted inside of steel outer rings.
Shot –	Обвинение высоких взрывчатых веществ, депонированных в серии отверстий, чтобы разрушить скалу.	A charge of high explosives deposited in a series of holes to shatter the rock.
Shutdown –	Термин, который может означать конец изменения или рабочего дня или незапланированной остановки тренировки из-за системного отказа.	A term that can mean the end of the shift or workday or an unplanned stopping of the drill due to a system failure.
Single Pass Drill –	Буровая установка	Drill rig with a long tower

	тренировки с длинной башней, которая разрешает сверлить шпур, не останавливаясь, чтобы добавить трубу тренировки (прут). Использует Келли вместо регулярной трубы. Использует поворотный стол, чтобы повернуть Келли вместо ротационной головы.	that permits drilling a blasthole without stopping to add drill pipe (rod). Uses a Kelly in place of regular pipe. Uses a rotary table to turn the Kelly instead of a rotary head.
Sliding Fork –	Рывок, который скользит вокруг квартир трубы тренировки, чтобы держать секцию ниже. Управляемый гидравлическим цилиндром (ами). Используемый вместо вилки Чак.	A wrench that slides around the flats of the drill pipe to hold the section lower. Controlled by hydraulic cylinder(s). Used in place of a fork chuck.
Slips –	Используемый в поворотном столе, чтобы держаться и вспыхнуть труба тренировки. Также используемый, чтобы держать кожух в столе.	Used in the rotary table to hold and break out drill pipe. Also used to hold casing in the table.
Spacing –	Расстояние между шпурами измерило параллельно	Distance between blastholes measured parallel with the face.
Spear –	Инструменты различного дизайна, которые ввернуты или втиснуты в битах, трубе, и т.д., которые поселены в отверстии. См. Рыбацкие Инструменты.	Tools of various design that are screwed or wedged inside of bits, pipe, etc., that are lodged in the hole. See Fishing Tools.
Speed switch –	Электронное устройство, которое	An electronic device that changes states when the

	<p>изменяет государства, когда двигатель достигает определенной скорости. Используемый, чтобы управлять двойными выключателями давления масла.</p>	<p>engine reaches a certain speed. Used to control dual oil pressure switches.</p>
Spindle –	<p>Короткий раздел трубы, которая вращается в пределах ротационной головы, и высовывается.</p>	<p>The short section of pipe that rotates within the rotary head, and protrudes out.</p>
Split Bushings –	<p>Сменные bushings, которые позволяют DHD или Стабилизатору проходить через стол тренировки, сверля прямое отверстие. См. DHD Bushings.stabilizer, Трубу Тренировки - Тяжелый - окруженная труба, имеющая специальные спиральные или рифленые ребра, простирающиеся вокруг диаметра, в пределах 1/8 "к 1/4" размера отверстия. Большинство стабилизаторов приспособлено только выше бита, в то время как действующие стабилизаторы держат отверстие прямо.</p>	<p>The removable bushings that allow the DHD or Stabilizer to pass through the drill table while drilling a straight hole. See DHD Bushings.stabilizer, Drill Pipe – Heavy -walled pipe having special spiral or fluted ribs extending around the diameter, within 1/8 “to 1/4” of hole size. Most stabilizers are fitted just above the bit, while in-line stabilizers keep the hole straight.</p>
Standpipe –	<p>Часть циркуляционной системы. Твердое и flexible, перекачивающий по трубопроводу от главного клапана до</p>	<p>Part of the circulating system. The hard and flexible piping from the main valve to the flexible hosing leading to the rotary head. Water injection,</p>

	гибкого промывания, приводящего к ротационной голове. Водная инъекция, нефть DHD и пена введены в эту линию.	DHD oil and foam are injected into this line.
Static Water Level –	Расстояние от вершины жестоко обращенных к постоянному водному уровню.	The distance from the top of ground down to the standing water level.
Stemming –	Материал указанной глубины добавил сверху порошковой колонки, чтобы ограничить шпур и сделать взрыв более эффективным.	Material of a specified depth added on top of a powder column to confine the blasthole and make the explosion more efficient.
Strike –	Отношение обнажения наклоненной кровати или структуры на поверхности уровня. См. Падение.	The bearing of the outcrop of an inclined bed or structure on a level surface. See Dip.
Strip Mine –	Большая часть земли имела обыкновение удалять месторождения угля.	A large section of land used to remove coal deposits.
Stuck In The Hole –	Относится, чтобы сверлить трубу, неосторожно становящуюся закрепленным в отверстии.	Refers to drill pipe inadvertently becoming fastened in the hole.
Sub –	Сцепление с различным типом или диаметром нитей с обоих концов. Термин булавка обозначает наружную резьбу, и коробку, внутреннюю резьбу. Соединить два компонента с различными нитями. См. Адаптер.	A coupling with different type or diameter of threads at either end. The term pin denotes a male thread, and box, a female thread. To connect two components with different threads. See Adapter.
Subdrilling –	Нижняя часть шпура,	Bottom portion of a

	который сверлят ниже уровня пола, чтобы разрешить восходящее смещение материала и таким образом предотвратить палец ноги у основания лица.	blasthole drilled below the floor level to permit upward displacement of material and thereby prevent a toe at the bottom of a face.
Supercharge Pressure –	Вставьте давление масла к главному насосу (ам), на который герметизировали, чтобы предотвратить кавитацию.	Inlet oil pressure to the main pump(s) that has been pressurized to prevent cavitation.
Swivel –	Сцепление сверху ротационной головы, чтобы позволить шпинделю вращаться, в то время как главный шланг остается постоянным.	A coupling on top of the rotary head to allow the spindle to rotate while the main hose remains stationary.
Table Drive –	Дизайн тренировки, который определяет местонахождение механизма вращения трубы тренировки на палубе тренировки в постоянном положении вместо того, чтобы использовать ротационную голову.	Drill design that locates the drill pipe rotation mechanism on the drill deck in a stationary position instead of using the rotary head.
Thread Lube –	Специальный состав имел обыкновение смазывать относительно нитей трубы тренировки. См. Наркотик Трубы.	A special compound used to lubricate the threads of drill pipe. See Pipe Dope.
Threaded and Coupled Casing (T&C) –	Кожух стали, используя сцепление между каждым разделом трубы. Стиль нити - правая рука, тонкая нить.	Steel casing using a coupling between each section of pipe. Thread style is right hand, fine thread.

Tongs –	Тип рывка имел обыкновение составлять и вспыхивать труба тренировки, используя внешние силы, такие как гидравлические цилиндры или кабели.	A type of wrench used to make up and break out drill pipe using external forces, such as hydraulic cylinders or cables.
Tool Joint –	Сцепной прибор трубы тренировки, состоящий из булавки и коробки различных проектов и размеров. Тренировки Deephole обычно используют нити стиля API, в то время как бурильные машины обычно используют нити стиля Весо.	A drill pipe coupler consisting of a pin and box of various designs and sizes. Deephole drills normally use API style threads, while blasthole drills normally use Beco style threads.
Top Head Drill –	Дизайн тренировки, который определяет местонахождение главы вращения трубы тренировки в башне тренировки. Это перемещается вверх и вниз с бурильной колонной. См. Ротационную Голову.	Drill design that locates the drill pipe rotation head in the drill tower. It moves up and down with the drill string. See Rotary Head.
Torque –	Преобразование или скручивание силы. Момент вызван силой, действующей на руку. Сила за один фунт, действующая на однофуттовую руку, произвела бы один фунт-фут вращающего момента.	A turning or twisting force. A moment caused by force acting on an arm. A one pound force acting on a one-foot arm would produce one lb-ft of torque.
Tower –	Высокая, тонкая структура,	A tall, slender structure used for observation,

	используемая для наблюдения, сигнализируя или качая. Термин имел обыкновение указывать на кран на бурильной машине. См. Кран и Мачту.	signaling or pumping. Term used to indicate the derrick on a blasthole drill. See Derrick and Mast.
Tram –	Канатная дорога или четырехколесное открытое окружают угольную шахту. См. Продвигают.	A cable car or a four-wheeled open box in a coal mine. See Propel.
Trammed –	Перемещаться в трамвай.	To move in a tram.
Tramming –	Процесс перемещения тренировки. См. Продвижение.	Process of moving a drill. See Propelling.
Traveling Sheave Block –	Серия пачек, связанных с цепями подачи или кабелями, которые перемещены вверх и вниз по крану цилиндрами подачи.	A series of sheaves, connected to the feed chains or cables, that are moved up and down the derrick by the feed cylinders.
Turning To The right –	Жаргонное слово для того, чтобы сделать отверстие.	Slang term for making a hole.
UL88 –	Пневматический клапан, который управляет давлением и объемом на высоком давлении - система компрессора. Шасси - средства перемещения следа печатают транспортное средство. Это содержит структуру следа, ролики, grouzers, горные охранники, цепное колесо	The pneumatic valve that controls pressure and volume on a high-pressure compressor system. Undercarriage – The means of moving a track type vehicle. It contains the track frame, rollers, grouzers, rock guards, drive sprocket, propel motors and planetary drive.

	двигателя, продвигают двигатели и планетарный двигатель.	
Uphole Velocity –	Скорость (в ногах в минуту), что сокращения едут из отверстия. Это зависит от диаметра долота, размера компрессора и размера трубы.	The speed (in feet per minute) that the cuttings travel out of the hole. This is dependent on the bit size, the compressor size and the pipe size.
Washpipe –	Мощные стальные трубы, вставленные в шарниры, чтобы позволить вращение бурильной колонны и продлить жизнь упаковки. Они заменимы в большинстве шарниров.	Hard surfaced steel tubes inserted in swivels to allow rotation of drill string and prolong life of packing. They are replaceable in most swivels.
Water injection –	Метод тренировки ротации, где вода рассеяна в воздухе, сверля.	A method of rotary drilling where water is dispersed in the air while drilling.
Weight on Bit –	В ротационной тренировке указанный вес требуется на бите для максимальной производительности. Мера на пульте калибрована, чтобы соответствовать весу бурильной колонны.	In rotary drilling, a specified weight is required on the bit for maximum performance. A gauge on the console is calibrated to correspond to the drill string weight.
Winch –	Постоянная спускоподъемная машина, имеющая барабан, вокруг которого веревка - рана.	A stationary hoisting machine having a drum around which a rope is wound.
Wiper, Pipe –	Кольцевой резиновый диск для того, чтобы вытереть трубу тренировки, чистую из сокращений, когда это забирается из отверстия.	An annular rubber disk for wiping drill pipe clean of cuttings when it is being withdrawn from the hole.
Wire rope –	Веревка сделана из искривленных берегов стального провода. Также названный кабелем.	Rope made of twisted strands of steel wire. Also called cable.
Беко Шея-	Грубый тип резьбы используется на бурильной трубе.	A coarse type of thread used on drill pipe.
Бремя -	Расстояние от шпура до	Distance from the blasthole

	ближайшего лица. Расстояние измеряется от лица к ряду отверстий. Материал смещаться.	to the nearest face. Distance measured from the face to a row of holes. The material to be displaced.
Бурильная труба -	Полые трубки, специально приваренные к замковых соединений.	Hollow tubing, specially welded to tool joints.
Бурильной колонны -	Строка труб, в том числе подводные лодки, стабилизаторы, воротники и биту, простираясь от бита до поворотной головкой, который несет воздух или грязь вниз к буровому и обеспечивает вращение на долото.	The string of pipe, including subs, stabilizers, collars and bit, extending from the bit to the rotary head, that carries the air or mud down to the bit and provides rotation to the bit.
Бурильщик (оператор)	- сотрудник непосредственно отвечает за дрелью. Операция сверла является их главной обязанностью.	The employee directly in charge of a drill. Operation of the drill is their main duty.
Буровая	Машина для бурения породы или незатвердевших образований. Также называется роторное бурение.	A machine for drilling rock or unconsolidated formations. Also called a rotary drill. The act of boring a hole in the ground.
Взрыв	Акт разжигая взрывчатых веществ в скважину для производства щебня.	The act of igniting explosives in a borehole to produce broken rock.
взрывные скважин -	Инструменты, которые могут распыляться образований таким образом, чтобы материал можно удалить из отверстия, как правило, три шарошки, три конуса или перкуссии.	A drilled hole used for purposes of excavation rather than exploration, geo-logical information or water wells. Holes are used to load explosives for open pit mining, and are usually limited to 200 feet.
Возвратный ключ -	Гаечный ключ, связанный с гидравлическим цилиндром, используется, чтобы повернуть верхнюю часть трубы в то время как нижняя труба проходит по	A wrench, connected to a hydraulic cylinder, used to turn the upper piece of pipe while the lower pipe is being held by the fork chuck or sliding wrench.

	вилке патроне или раздвижной гаечный ключ.	
Вскрыша -	Вертикальная поверхность высоты; также называется лицо.	Vertical surface of an elevation; also called the face.
Гидравлические двигатели -	Отверстие сделано путем вращения немного в землю.	Piston or vane type motors, driven by hydraulic pumps, that rotate various devices on a drill.
Гидравлические насосы -	Подключается вращающуюся головку к верхней части жесткого трубопровода, чтобы обеспечить движение поворотной головки. Также называется стояка шланг.	Piston, vane and gear type hydraulic pumps that provide flow for the various actuators on the drill.
Гидравлические цилиндры -	Подъемное устройство, установленное в конце коробки инструмента. Напротив подъема в освобождении под залог.	Double acting cylinders that are extended and retracted to perform various functions on a drill. They are powered by hydraulic fluid from a pump.
Гидростатическое -	Давление, проявленное колонной жидкости, обычно выражаемой в фунтах на квадратный дюйм.	The pressure exerted by a column of fluid, usually expressed in pounds per square inch.
Двустворчатый клапан -	Регулируемый впускной клапан воздушного компрессора.	The adjustable inlet valve of the air compressor.
Деррик -	Высокая структура по сверлильному отверстию использовала поддерживать оборудование тренировки. Часть тренировки, которая содержит систему подачи и ротационную голову. См. Башню и Мачту.	A tall framework over a drilled hole used to support drilling equipment. The part of the drill that contains the feed system and the rotary head. See Tower and Mast.
Дефиле -	Проходы вокруг рабочей зоны сверла.	Walkways around a working area of a drill.
Диаметр	Для того, чтобы сделать	To make a hole in the

цилиндра -	отверстие в земле	ground with a drill.
Дрель / Propel Valve -	Переключатель, который сдвигает перепускных клапанов, чтобы позволить поток насоса, чтобы перейти от функций сверла для приведения в движение двигателей.	A switch that shifts the diverter valves to allow pump flow to go from drill functions to propel motors.
Дрель стержень -	См бурильные трубы. Полые, флеш-сочлененный, соединенные стержни, используемые на небольших перфораторов типа перкуссии.	See Drill Pipe. Hollow, flush-jointed, coupled rods used on small percussion type rock drills.
Дрифтер	Высверлить-оф-отверстие, которое вращается буровой штанги и обеспечивает ударное усилие, с помощью поразительный бар, через стержень к буровому.	An out-of-the-hole drill that rotates the drill rod and provides a percussive force, by means of a striking bar, through the rod to the bit.
дробилка -	Наружный металл может окружающих домкрат цилиндров нивелирования. Ползун слайд нижняя часть, которая соединяется с нижней части цилиндров и ползуном колпачок является патрубку на верхней части ползуна.	Device used to reduce broken rock to a smaller fragment size.
Задержка Интервал -	Процесс чередуя взрывчатых веществ с инертным материалом в шпуре, чтобы правильно распределить взрывчатые вещества или уменьшить вибрации. Также относится к металлическим подиумах вокруг внешней стороны сверла.	Elapsed time between detonation of individual blastholes in a multiple hole blast.
Зубья -	Короткие, округлые зубцы спеченных вставки из карбида вольфрама,	Short, rounded teeth of sintered tungsten carbide inserts which serve as teeth

	которые служат в качестве зубов в сверл, используемых для бурения очень тяжелый рок.	in drill bits used for drilling very hard rock.
кабель -	Сильный, тяжелый стальной, стальной канат. Также известный как тросе. Используется для выпадающего списка и откате в башне. Также используется в грузоподъемных. Может быть поворот или вращение устойчивостью.	A strong, heavy steel, wire rope. Also known as wire rope. Used for pulldown and pullback in the tower. Also used in hoisting. May be rotating or rotation resistant.
Кабельная катушка -	Устройство, которое держит электрический кабель питания на электрических управляемых скважинных сверл.	A device that holds the electrical power cable on electric driven blasthole drills.
Кавитация -	Изъязвление твердой поверхности путем образования низкого давления образуются пузырьки в жидкости. Воздух разрешают во входное отверстие насоса.	The pitting of a solid surface by the formation of low pressure bubbles formed in the fluid. Air being allowed into the inlet of pumps.
Карбид, вольфрама -	W <sub>2</sub> C. Очень трудно соединение, используемое в вставки в долот. Она имеет очень высокую температуру плавления. Это очень сильно в одном направлении, но очень хрупкими в другой.	W <sub>2</sub> C. A very hard compound used in inserts in rock bits. It has a very high melting point. It is very strong in one direction but very brittle in another.
Кольцевое -	Пространство между бурильной трубой и наружным диаметром отверстия, сделанного бите.	The space between the drill pipe and the outer diameter of the hole made by the bit.
Компрессор -	Воротник отверстие - отверстие в верхней части шпура; рот, где порода была нарушена взрывным. Обычно первые несколько	An asymmetrical rotary screw driven device for compressing air. May be single- or two-stage, depending on the discharge

	футов шпур, которые раскалывались и разбивались.	pressure.
Конвейер -	Панель, которая содержит большую часть управления сеялки. Также называется панель оператора.	Equipment used to carry material to crushers and screens for reduction and separation.
Консоль -	Асимметричный роторный винт приводом устройство для сжатия воздуха. Может быть одно- или двухступенчатый, в зависимости от давления на выходе.	The panel that contains most of the drill's controls. Also called the operator's panel.
Мачта -	Вертикальное строение. См. Деррик	A vertical structure. See Derrick.
Мост -	Препятствие в отверстии. Обычно это вызвано образованием спелеология или что-то падения в яму.	An obstruction in the hole. Usually caused by a caving formation or something falling in the hole.
Оповещатель -	Электрическое устройство сигнализации на распределительном щите.	An electrical signaling device on a switchboard.
Охладитель (СОС) -	Оборудование, используемое для перевозки материалов для дробилок и экранов для уменьшения и разделения.	All drills have a cooler or coolers for the hydraulic fluid and the compressor oil. The engine radiator is also sometimes referred to as an engine cooler.
Переключающий клапан -	Два положения, трехходовой клапан, который позволяет один гидравлический насос, чтобы выполнить две отдельные функции.	A two position, three-way, valve that allows one hydraulic pump to perform two separate functions. Dressing a Bit – Sharpening DHD drill bits with a grinder to shape the carbides.
Перепад давления -	Разность давлений между входом и выходом компонента, т.е. охладителем.	The difference in pressure between the inlet and outlet of a component, i.e., a cooler.
Переходник-адаптер -	Устройство, используемое для соединения двух различных размеров или	(both spellings are accepted) A device used to connect two different sizes

	типов нитей. Он используется для подключения поворотной головкой шпинделей для бурильной трубы, бурильные трубы для стабилизаторов и стабилизаторов для буровых долот.	or types of threads. It is used to connect rotary head spindles to drill pipe, drill pipe to stabilizers and stabilizers to drill bits.
Подача цепи -	сверхмощно звенья цепи, соединенные с поворотной головкой через верхнюю и нижнюю звездочках и путешествующей полиспастьную. они отрегулированы похожи на кабеле.	Heavy duty chain links connected to the rotary head through upper and lower sprockets and the traveling sheave block. They are adjusted similar to a cable.
Привод -	Двигатель или цилиндр, который кладется в движение потоком гидравлического насоса.	A motor or cylinder that is being put into motion by the flow of a hydraulic pump.
Продувка -	Термин, используемый при выпуске сжатого воздуха из ресивера бака на компрессор, когда бур останавливается.	Term used when releasing compressed air from the receiver tank on a compressor when the drill is stopped.
Продувочный клапан -	Клапан, который открывается, когда бур останавливается и выпускает все давление воздуха в приемную емкость.	The valve that opens when the drill is stopped and releases all the air pressure in the receiver tank.
Прорыв -	Относится к акту ослабив резьбовых соединений труб и отвинчивания одной секции трубы от другой, при выходе из отверстия.	Refers to the act of loosening threaded pipe joints, and of unscrewing one section of pipe from another, while coming out of the hole.
Пылесборник -	Вакуумный аппарат со шлангом, прикрепленного к пылеулавливающий колпак, который тянет черенки далеко от отверстия и депозиты их на стороне сверла.	A vacuum device with a hose attached to the dust hood that pulls cuttings away from the hole and deposits them to the side of the drill.

Связь -	Акт закупающая образец формирования бурится для геологических информационных целей.	A connector for drill rods, pipe or casing with identical threads, male or female, at each end.
Скважина -	Отверстие сделано буровым.	The hole made by a bit.
Списывание -	Соединитель для бурильных труб, труб или обсадной колонны с одинаковыми нитями, мужского или женского пола, на каждом конце.	A set of wooden ties or metal plates used to add surface area to the jack pads to prevent the pad from sinking into the ground. Also called blocking.
Траверсы -	Верхние пучки в башне, которая поддерживает кабель, который подключается к поворотной головкой.	The outer metal can surrounding the leveling jack cylinders. The crosshead slide is the lower portion that connects to the bottom of the cylinders and the crosshead cap is the flanged piece on top of the crosshead.
Угловая бурение -	Бурение скважин в 0 до 30 градусов угол от вертикали (в пять градусов с шагом).	Drilling a hole at a 0 to 30 degree angle from vertical (in ve degree increments).
Удлинитель -	Тяжелая, толстостенный участок трубы используется для добавления бурового веса к буровому и стабилизации бурильной колонны.	A heavy, thick-walled section of pipe used to add drilling weight to the bit and stabilize the drill string.
Фидер -	Кабели, закрепленные на верхней и нижней части башни, которые проходят через бегущего полиспадную соединения и соединения с верхней и нижней части поворотной головки. Они регулируют путем затяжки резьбовых стержней на каждом конце.	Cables, anchored on the top and the bottom of the tower, that pass through the traveling sheave block and connect to the top and bottom of the rotary head. They are adjusted by tightening the threaded rods on each end.
Центратор	Круглое кольцо	A circular ring installed

Втулка подшипника -	устанавливается вокруг буровой трубы в таблице бура, чтобы держать трубу выровненной properly с поворотной головкой. Он, как правило, имеет сменную вставку в центре.	around the drill pipe in the drill table to keep the pipe aligned properly with the rotary head. It usually has a replaceable insert in the center.
Цепной ключ -	Специальный ключ, состоящий из участка цепи и металлической секции клиновидной, с губками, что зажимает буровую трубу и / или DHD, чтобы затянуть или ослабить соединения.	A special wrench, consisting of a chain section and a metal vee section, with jaws, that grips the drill pipe and/or the DHD to tighten or loosen the connections. Collar the Hole – Opening at the top of the blasthole; the mouth where rock has been broken by blasting. Usually the first few feet of the blasthole that are cracked and broken.
Шланг, Бурение -	Устройство, используемое, чтобы поднять буровую трубу и другие тяжелые предметы. См лебедку.	Connects rotary head to top of hard piping to allow movement of rotary head. Also called standpipe hose.

## **VIII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основные литературы:**

1. Taylor & Francis Group. Mechanical excavation in mining and civil industries. /CRC Press, London, New York, 2014.-388 p.
2. Blasthole drilling in open pit mining. Reference book, 3<sup>rd</sup> edition tcm1240-3515521, 2013 y. – 301p.
3. Мазей А.С. Горные машины. Методические указания к практическим занятиям. – Алматы.:КазПТИ, 2001.
4. Annaqulov T.J. Kon mashinalari fanidan amaliy ishlarni bajarish bo'yicha uslubiy qo'llanma. ToshDTU. 2016 y., 68 b.

### **Интернетные ресурсы:**

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Матбуот маркази сайти: [www.press-service.uz](http://www.press-service.uz)
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат Ҳокимияти портали: [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug'ati, 2004, UNDP DDI: [www.lugat.uz](http://www.lugat.uz), [www.glossary.uz](http://www.glossary.uz)
4. Infocom.uz электрон журнали: [www.infocom.uz](http://www.infocom.uz)
5. [www.press-uz.info](http://www.press-uz.info)
6. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
7. [www.edu.uz](http://www.edu.uz)
8. [www.springer.com](http://www.springer.com)
9. [www.nabu.com](http://www.nabu.com)