

# Горные проекты для анализа

## Группы по реализации проектов



# Цели анализа практических ситуаций (I)

- Ваша команда является группой управления проектом. Вы все работаете на руднике и в вашу команду входят начальник производственного отдела, руководитель работ по подготовке рудника к эксплуатации, руководитель работ по техническому обслуживанию, инженер-геомеханик и другие специалисты.
- Вашей задачей является представить проект владельцу компании и акционерам ко дню "Икс". От вас потребуется:
  - краткое описание проекта (геология, тип рудного тела, глубина и пр.);
  - комментарии касательно выбранной системы разработки и определение основных производственных показателей (Key Performance Indicator - KPI), применимых к данному проекту;
  - представление подробной программы развития проекта с указанием дат реализации различных этапов.

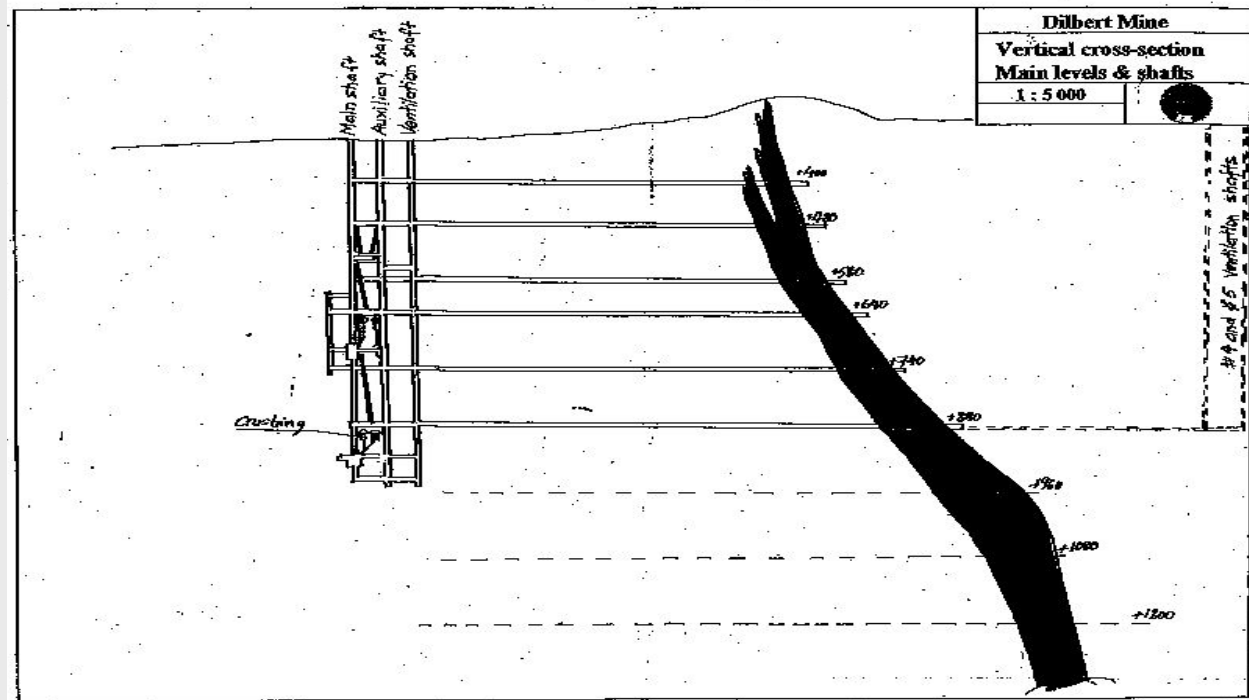
## Цели анализа практических ситуаций (2)

- Финансировать реализацию нового проекта будут владелец и акционеры рудника, поэтому они заинтересованы в том, чтобы узнать какие объёмы инвестиций в приобретение оборудования и его техническое обслуживание потребуются до того, как проект начнёт приносить прибыль. От вас требуется составить список оборудования, инструмента и сервисных услуг (предпочтительно поставляемых компанией Sandvik, т.к. Sandvik является Вашим приоритетным поставщиком), которые, по вашему мнению, будут требоваться от **начала реализации проекта** до момента выхода **на полную проектную мощность**.
- Рассмотрите возможность передачи некоторых фаз проекта на субподряд.
- В вашей презентации будет необходимо предоставить **обоснование типа и количества единиц оборудования**, которые вы рекомендуете приобрести у компании Sandvik, а также указать **даты, когда потребуется его наличие**.
- | Sandvik Mining  
На этом этапе вам не потребуется указывать стоимость оборудования и услуг

# Анализ практических ситуаций: Проект "Дилберт" (Dilbert)

- Группа по реализации проекта

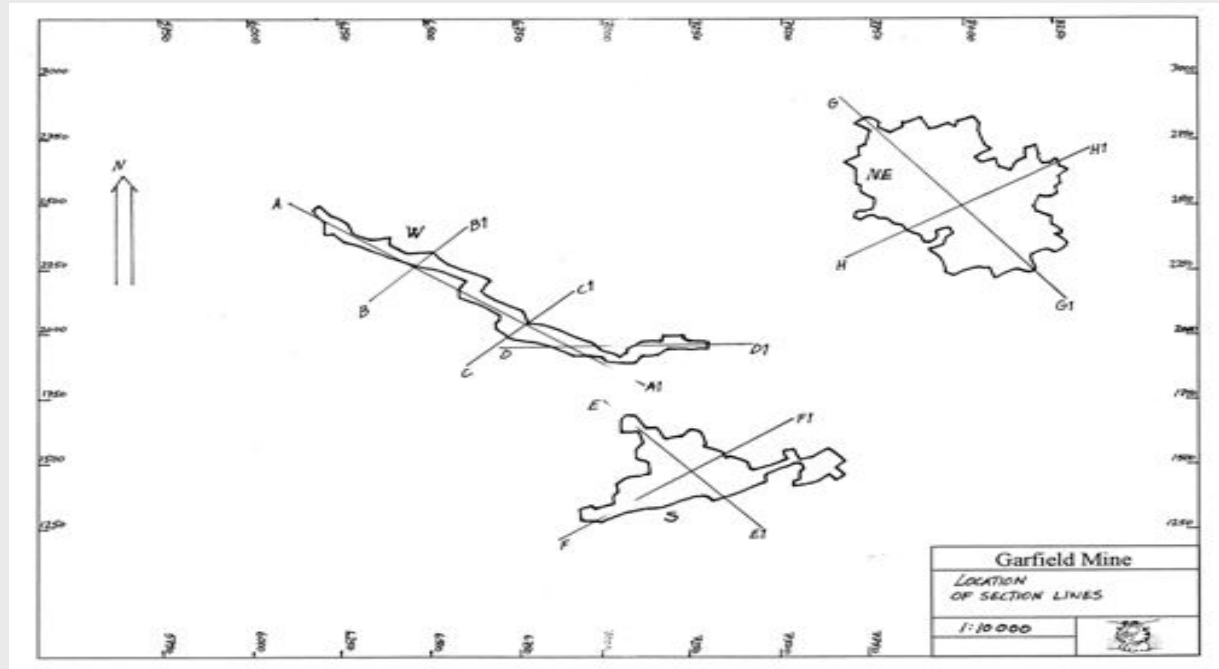
Впишите имена



# Анализ практических ситуаций: Проект "Гарфилд" (Garfield)

- Группа по реализации проекта

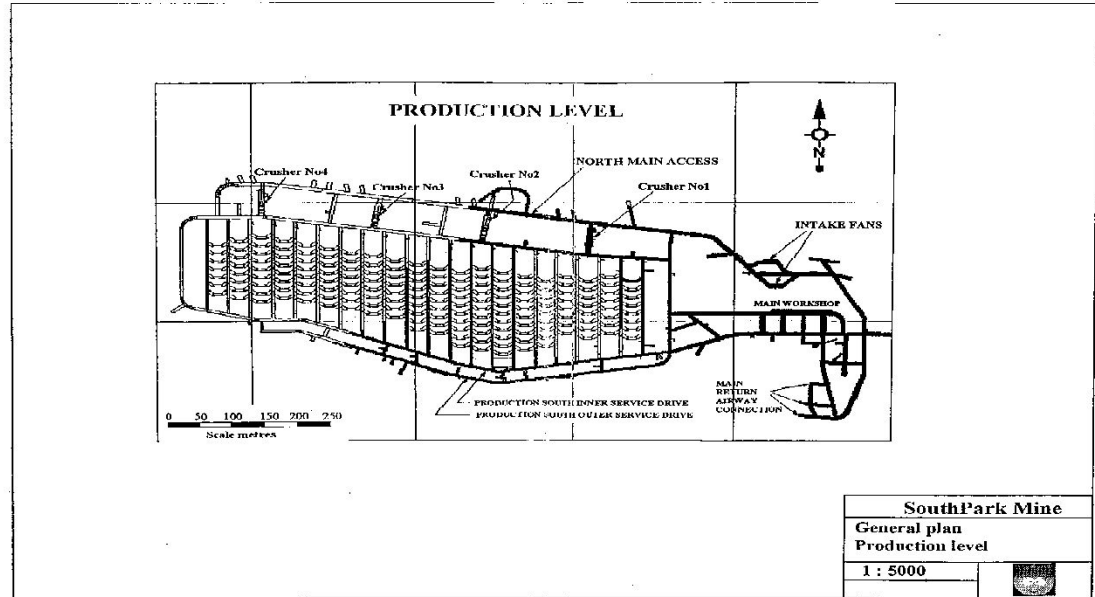
Впишите имена



# Анализ практических ситуаций: Проект "Саус Парк" (South Park)

■ Группа по реализации проекта

Впишите имена



# Проект рудника

## Критерии

Рудное тело

Рудный минерал

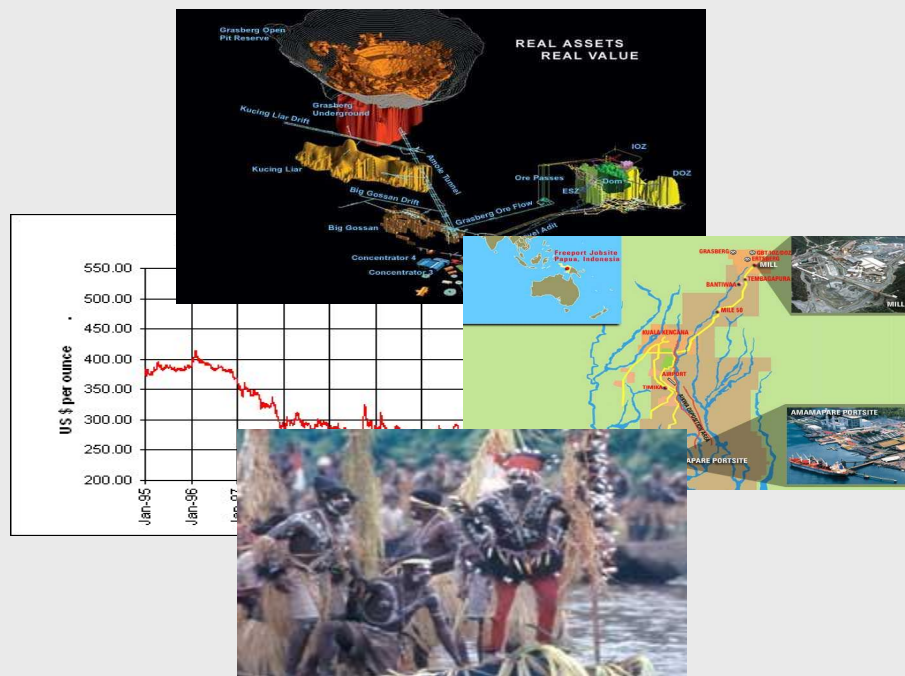
Вмещающие породы

Внешние физические факторы

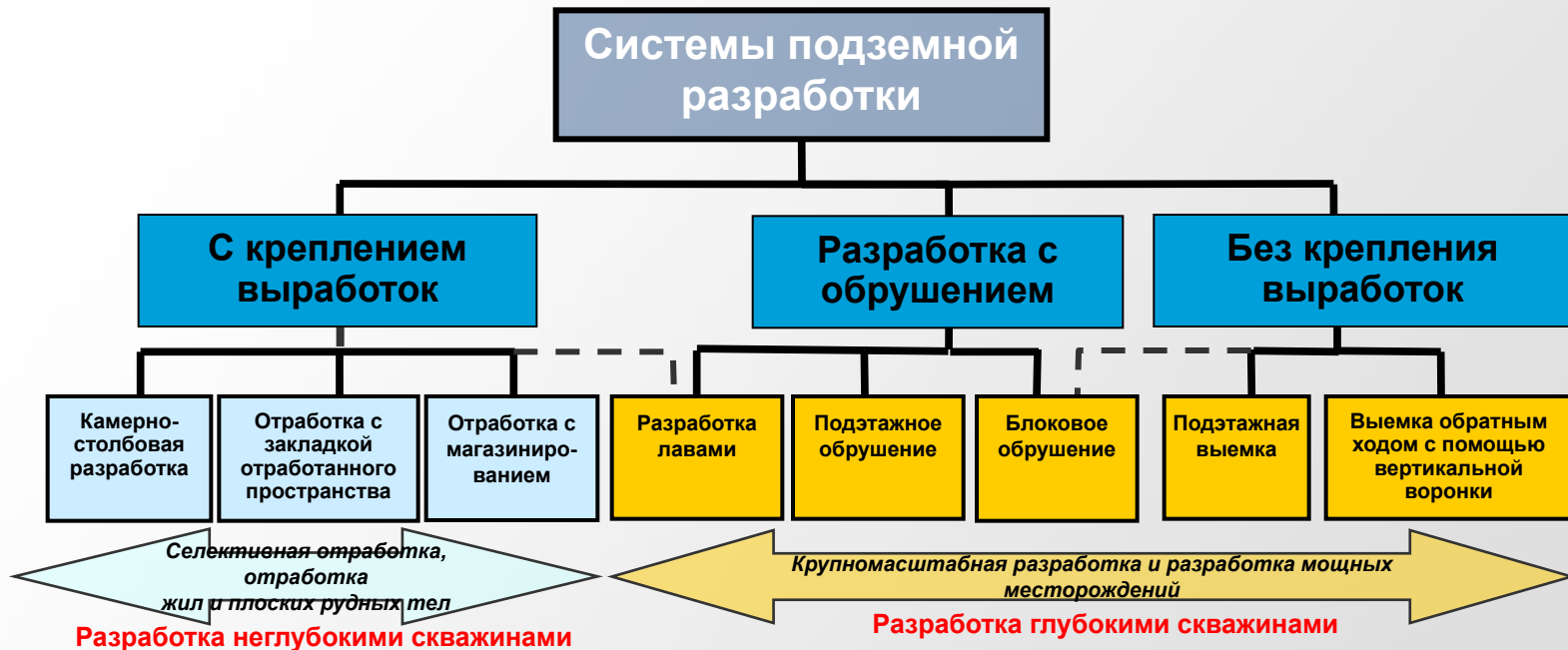
Экономическая ситуация в регионе

Экономическая ситуация в отрасли

- "Производственные расходы не должны превышать половину рыночной стоимости извлекаемого сырья"



# Системы подземной разработки



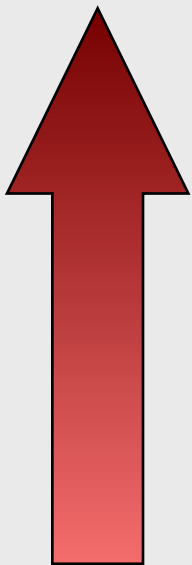


# Стандартные характеристики систем разработки

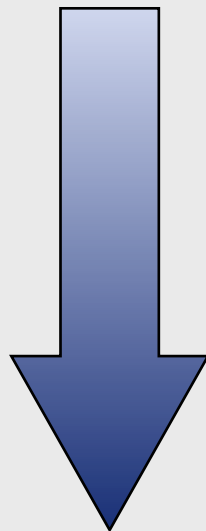
Система разработки	Производительность т/смена	Разубоживание %	Потеря руды %	Руда от подгот. работ %	Относительная стоимость
Открытая разработка	50..250	5	0..5	-	1,0
Камерно-столбовая разработка	10..40	10..15	15..40	5	1,2
Отработка с закладкой отработанного пространства	5..35	5..10	5..15	5..10	4,5
Отработка с магазинированием	5..30	10	10	5..10	6,7
Разработка лавами	10..40	10..15	5..15	5..10	1,7
Подэтажное обрушение	25..120	10..15	5..15	10..15	1,3
Подземная разработка уступами	50..150	10..20	5..15	5..10	1,2
Выемка обратным ходом с помощью вертикальной	50..150	10	10	10..15	2,0
Подэтажное обрушение	20..65	20..30	15..30	15..45	1,5
Блоковое обрушение	25..200	15	5	<5	1,0

# Что необходимо учитывать при выборе системы разработки

## МАКСИМИЗИРОВАТЬ



- Безопасность
- Коэффициент извлечения
- Использование сил гравитации
- Естественную опору
- Гибкость разработки
- Адаптивность системы разработки
- Производительность рудника



- Разубоживание руды
- Стоимость
- Подземное строительство
- Период наращивания объёмов добычи
- Отрицательное воздействие на окружающую среду

## МИНИМИЗИРОВАТЬ

# Камерно-столбовая разработка

## Требования и основные производственные

### показатели

- Относительно плоское, горизонтальное или практически горизонтальное рудное тело
  - Стандартные углы падения - до 20 градусов; допустимые углы падения - до 45...55 градусов
- Высокая прочность висячего бока и рудного минерала
- Стандартные методы разработки при правильной форме рудного тела и четких границах оруднения
- Столбовая разработка с горизонтальными штреками при менее правильной форме рудного тела
- От небольших рудников до широкомасштабной разработки

Разубоживание, %	Потеря руды, %	Производительность, т/смена	Относительная стоимость
10-15	15-40	40-50	1,2

# Подэтажная выемка

## Требования и основные производственные показатели

- Крутопадающее рудное тело / рудный блок достаточно правильной формы
- Высокая прочность рудного минерала и пустой породы
- Порода висячего бока должна быть самонесущей во время выемки

Разубоживание, %	Потеря руды, %	Производительность, т/смена	Относительная стоимость
10-15	5-15	До 120	1,3

# Блоковое обрушение

## Требования и основные производственные показатели

Ненапластованное рудное тело с крутым углом падения или большим простираением по вертикали

Значительная высота блока

Склонные к обрушению горные породы

Территория, где допустимо оседание дневной поверхности

Разубоживание, %	Потеря руды, %	Производительность, т/смена	Относительная стоимость
15	5	25...200	1,0

# Выбор оборудования

- Процесс выбора оборудования - общие замечания
  - Технические требования
    - Использование оборудования (применение), условия окружающей среды, инфраструктура
  - Технологические требования
    - Производственные задачи, трудовые отношения, техническое обслуживание
  - Экономические требования
    - Объём инвестиций, окупаемость затрат, производственные расходы
    - Принципы инвестирования, цена или эксплуатационные характеристики
  - Социальные требования
    - Образование, подготовка, деятельность профсоюзов
  - Экологические требования
  - Местные требования и стандарты в отношении оборудования
  - Долгосрочные планы
  - Новый проект в сравнении с заменой / пополнением существующего парка оборудования
- **Кроме того: Всегда учитывайте, каким образом одна единица оборудования влияет на другие этапы производственного процесса**

# Выбор оборудования

- **Общий инструментарий**
  - Используйте здравый смысл
  - Подход с позиций консультирования
  - Средства имитационного моделирования
    - Система "Optimine" (погрузочно-доставочные операции)
  - Расчёт технических характеристик
    - Изучение подземной выработки
    - Изучение процесса бурения глубоких скважин (будут внесены поправки)
    - Изучение погрузочно-доставочного оборудования

# Выбор оборудования

## ■ Есть ли у вас вся основная информация по руднику?

- Основная информация включает:
  - Название, владелец, местоположение и пр.
  - Количество персонала общее / в руднике
- Условия
  - Высота над уровнем моря, минимальная и максимальная температура, температура в руднике
- Рудное тело
  - Размер, глубина, простирание, ширина
  - Геологические / извлекаемые запасы
  - Тип руды
  - Промышленные минеральные руды / сорт (рудное содержание)
- Типы горных пород / свойства
  - Крепость / буримость / объёмная масса / коэффициент разрыхления
  - Геомеханические условия
- Горное производство
  - Система(ы) разработки
  - Годовой объём добычи (по каждой системе разработки)
  - Организация рабочих смен
  - Производительность



# Выбор оборудования

- Есть ли у вас вся основная информация по руднику?
  - Добыча
    - Сечение и размеры очистной выработки
    - Необходимое количество очистных выработок в год
    - Очистное бурение
      - Диаметр скважин, их глубина, специальное бурение
      - Сетки бурения
      - Объём буровых работ в год
    - Среднее содержание руды (%), разубоживание (%)
  - Подготовка к эксплуатации
    - Горизонтальные выработки: сечение, объёмы проходки в год
    - Восстающие выработки: сечение, ежегодные контрольные цифры, способ проходки

# Выбор оборудования

- Шахтный подъём
  - Размеры шахтного ствола, производительность подъёмного оборудования
  - Размеры наклонного транспортного съезда
- Крепление горных пород
  - Анкерное крепление: Тип и длина анкеров / годовые объёмы
  - Тросовое крепление: длина / годовые объёмы
  - Прочие виды (проволочная сетка, торкретирование и др.)
- Существующий парк оборудования
  - Тип
  - Размеры
  - Сфера применения

# Оптимизация парка оборудования

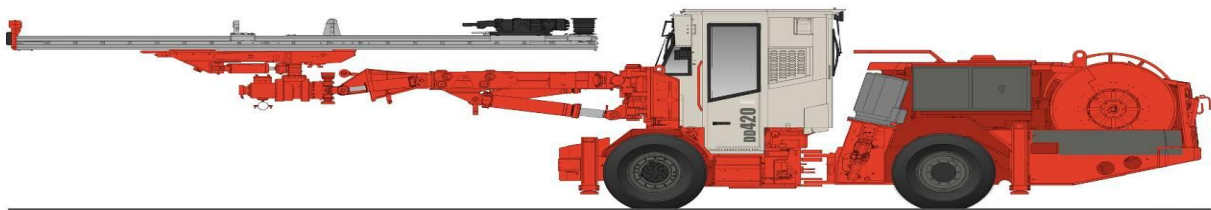
- Подбор правильного оборудования
  - Технологический уровень
  - Производительность
  - Соответствие технологическому процессу
- Последствия неправильного выбора оборудования:
  - Неточная или неполная информация - неправильный выбор
  - Узкие места в производственном процессе
  - Недостаточная оптимизация отдельного этапа производственного процесса
  - Отсутствие взаимоувязанности оборудования в рамках всего парка

# Проходка горизонтальных выработок - Выбор оборудования

- Полная номенклатура оборудования для механизированной проходки горных выработок от компактных буровых установок для разработки тонких пластов до оборудования средних и больших размеров для проходки горизонтальных выработок и наклонных транспортных съездов, а также сооружения подземных хранилищ.

<b>Мин. Сечение выработки (ШхВ)</b>	<b>Оборудование</b>	<b>Кол-во стрел</b>	<b>Макс. зона обуривания (ШхВ)</b>	<b>Длина подачи (фут.)</b>
<b>2.0 x 2.0</b>	<b>DD 210 (Quasar)</b>	<b>1</b>	<b>4.5 x 3.6</b>	<b>6 – 12</b>
<b>3.0 x 3.0</b>	<b>DD 310 (Axera 5)</b>	<b>1</b>	<b>5.5 x 5.2</b>	<b>10 - 16</b>
<b>3.0 x 3.0</b>	<b>DD 320 (Axera 6)</b>	<b>2</b>	<b>6.9 x 5.3</b>	<b>10 – 16</b>
<b>4.0 x 4.0</b>	<b>DD 420 (Axera 7)</b>	<b>2</b>	<b>9.9 x 6.4</b>	<b>12 – 16</b>
<b>5.0 x 5.0</b>	<b>DD 530 (Axera T8)</b>	<b>2- 3</b>	<b>12.8 x 8.5</b>	<b>12 – 18</b>
<b>3.5 x 1.6</b>	<b>DD 220L (Axera LP)</b>	<b>1</b>	<b>6.5 x 5.3</b>	<b>12 – 16</b>

# Проходческие буровые установки



Серия **DD 100** (AXERA XLP) => Высота рабочей зоны менее 1 м

Серия **DD 200** (AXERA LP, QUASAR) => Высота рабочей зоны менее 2 м

Серия **DD 300** (AXERA 5, AXERA 6) => Размеры рабочей зоны менее 3 x 3 м

Серия **DD 400** (AXERA 7) => Размеры рабочей зоны менее 4 x 4 м

**DD 530** (AXERA 8 S-360 CABIN) => Размеры рабочей зоны менее 5 x 5 м

# DD420

SANDVIK

Номер  
модификации

Количество  
буровых стрел

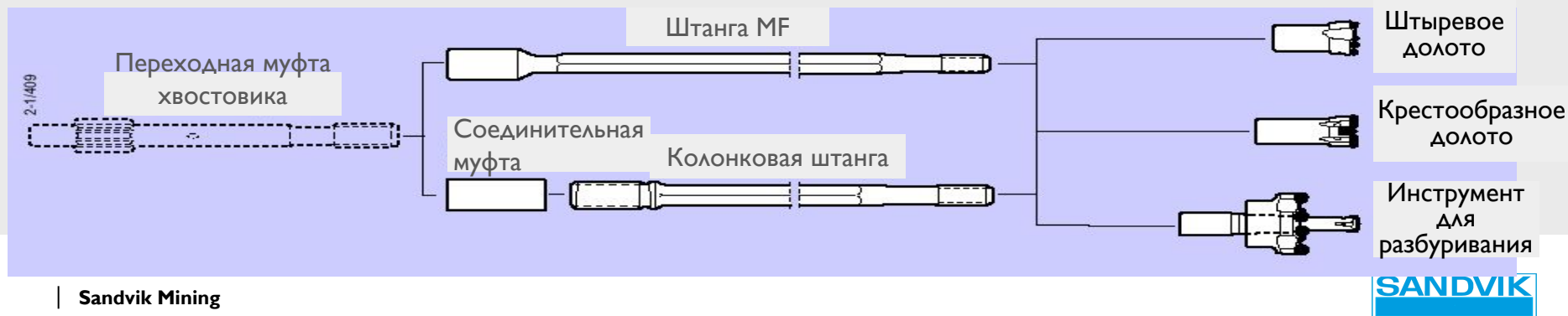
Размеры рабочей  
зоны менее  
4 x 4 м

DD=Drilling (Бурение)  
Drifting (Проходка)

# Проходка горизонтальных выработок - Выбор оборудования

## ■ Инструмент для проходческого бурения

- Буровые долота: Диаметр (38) 45 - 51 мм
- Буровые штанги: Резьба хвостовика R32 / T38  
Rod Hex32 / Hex 35 / Round 39  
Резьба долота (R28) / R32 / R35  
Длина от 10 фут. (3,1 м) до 18 фут. (5,5 м)
- Коронки для расширения скважин: Конусная пилотная коронка  
Буровая коронка для расширения скважин, армированная  
твердосплавными штырями, диаметр от 64 до 102 мм



# Проходка горизонтальных выработок -

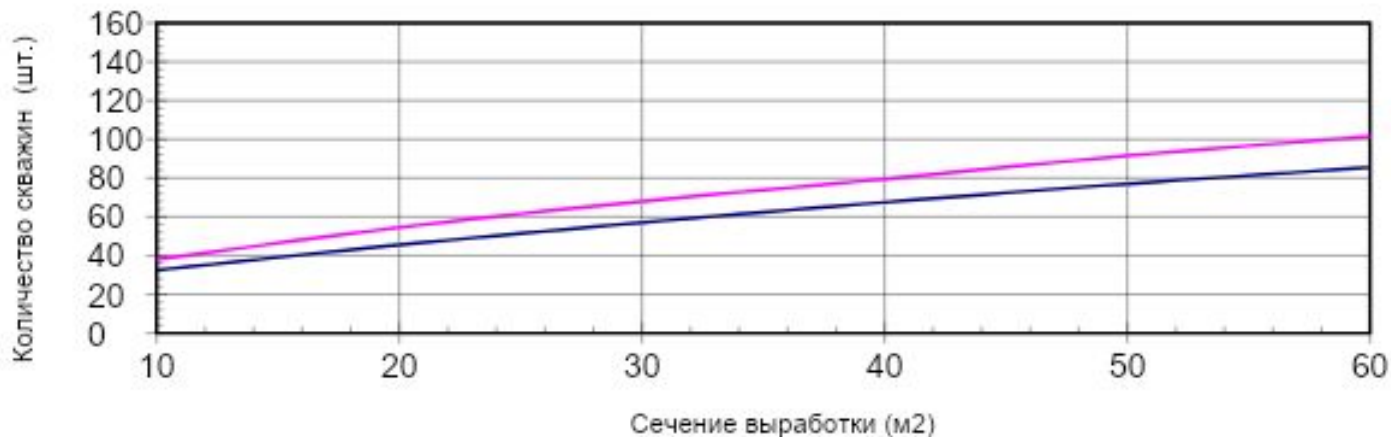
## Оценка объёмов

- Средние темпы проходки
  - На один комплект оборудования (1 буровая + 1 погрузчик)
  - Непрерывный режим работы в 3 смены

Условия	Средняя скорость проходки (м/мес.)	
	Проходка в один заход	Проходка в несколько заходов
<b>Простые</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Прочные породы</li><li>- Минимальное укрепление выработки (несколько анкеров)</li></ul>	200 - 300	300 – 400
<b>Средней сложности</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Изменяющиеся горно-геологические условия</li><li>- Стандартное крепление выработки (анкеры, торкретирование)</li></ul>	100 – 250	200 – 300
<b>Сложные</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Мягкие и трещиноватые породы</li><li>- Усиленное крепление (анкеры, торкретирование, сетка / арочное крепление)</li></ul>	< 150	100 – 200

# Проходка горизонтальных выработок – Сетка бурения

Необходимое количество скважин – 45 мм & прямой вруб (исключая разбуренные скважины). Глубина бурения = 5,0 м  
Источник: NTH Project report 2A-95: Tunnelling.







# Бурение глубоких скважин – Технические параметры

- Полная номенклатура буровых станков для механизированной проходки глубоких скважин при разработке рудных тел различного масштаба от тонких пластов до мощных месторождений.

Оборудование (старое название)	Мощность перфоратора (кВт)	Буровой инструмент	Ø скважины (мм)	Глубина скважины (м)	“Золотое правило”	
					Производительность по бурению (бур.м/8-час смена)	Объёмы добычи (тыс. т/г)
<b>DL 210-5</b> (Quasar 1L)	15	R32/T38	51 - 64	5 - 20	125 - 150	250 - 350
<b>DL 330 – 5</b> (Solo 5-5 V)	15	R32/T38	51 - 64	5 - 30	125 - 175	300 - 400
<b>DL 310-5 and 320-5</b> (Solo 5-5 (C, F, P, V))	17	T38/T45	51 - 76	5 - 35	100 - 150	450 - 650
<b>DL 310-7 and 320-7</b> (Solo 5-7 (C, F, P)) <b>DL 410-7, 420-7, 430-7</b> (Solo 7-7 (C, F, V))	19,5	T38/T45/T51 64 мм бур.труба	64 - 102	10 - 54	100 - 150	500 - 800
<b>DL 410-10, 420-10, 430-10</b> (Solo 7-10 (C, F))	25	T51 76/81 мм бур.труба	89 - 127	10 - 54	100 - 150	900 - 1100
<b>DL 410-15, 420-15</b> (Solo 7-15 (C, F))	30	T51 76/81 мм бур.труба	89 - 127	10 - 60	100 - 150	900 - 1200

# Установки для бурения глубоких скважин



Серия **DL 200** (SOLO LP, QUASAR 1L) => Высота рабочей зоны менее 2 м

Серия **DL 300** (SOLO 5) => Размеры рабочей зоны менее 3 x 3 м

Серия **DL 400** (SOLO 7) => Размеры рабочей зоны менее 4 x 4 м

Серия **DL 500** => Размеры рабочей зоны менее 5 x 5 м

■ Тип буровых стрел:

1 = “С” или “Р” classic (классическая) / parallel (параллельная)

2 = “F” frame (рамная)

3 = “V” versatile (универсальная)

SANDVIK

DL420

Номер  
модификации

Тип буровых  
стрел

Размеры рабочей  
зоны менее 4 x 4  
метра

DL=Drilling (бурение)  
Longhole (глубоких  
скважин)

# Бурение глубоких скважин – Типы стрел



DL41

1

1 = Классическая стрела

1 =

Параллельная  
стрела

3 =

Универсальная

2 = Рамная



DL421



DL431

# Бурение глубоких скважин - Выбор

## оборудования ПЕРФОРАТОРЫ

МОДЕЛЬ	Сила ударного воздействия (кВт)	Диаметр скважины (мм)							
		51	64	76	89	102	115	127	
<u>HLX5</u>	15	• •	R32, T38						
<u>HLX5 LT</u>	17	• •	T38, T45						
<u>HL 710S</u>	19,5	• • • •	T38, T45, T51, 64 мм бурильные трубы						
<u>HL 1010 S</u>	25	• • • • • •				T51, 76 мм, 87 мм бурильные трубы			
<u>HL 1560 S</u>	30	• • • • • • • •				T51, 76 мм, 87 мм бурильные трубы			

# Бурение глубоких скважин - Контрольно-измерительные приборы (КИП)

## Модифи

TIS-D = углы бурения

TIS-DDS = углы бурения, глубина скважины и скорость проходки

TIS-P = усилие подачи при бурении

TIS DP = углы бурения и усилие подачи при бурении

TIS DDSP = углы бурения, глубина скважины,  
скорость проходки и усилие подачи при бурении

Лёгкость повышения уровня комплектации

# Бурение глубоких скважин - Выбор оборудования

## ■ Инструмент для бурения глубоких скважин

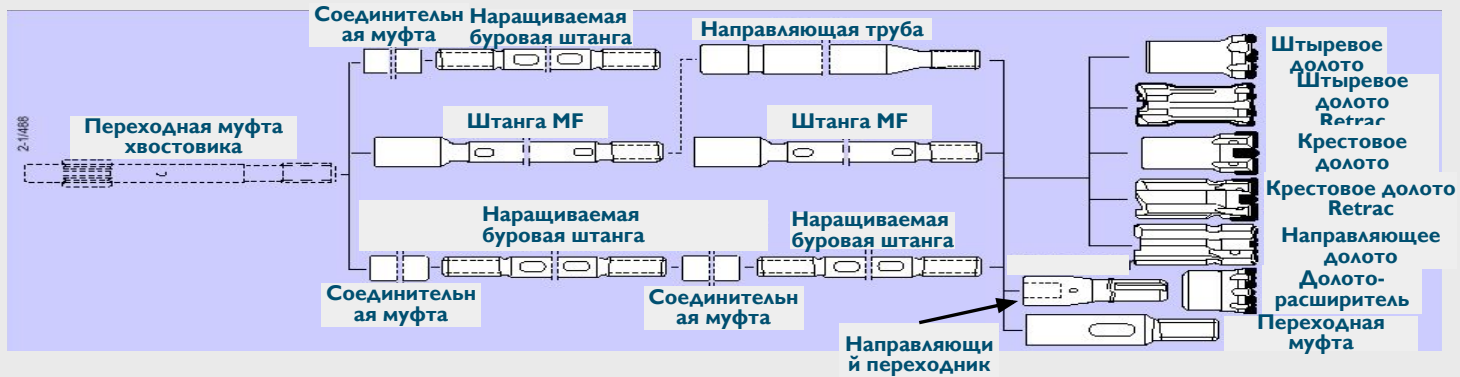
### •Буровые штанги

- R32
- R38/T38
- T45
- T51

### •Бурильные трубы

- ST58
- ST68
- ST76
- ST87

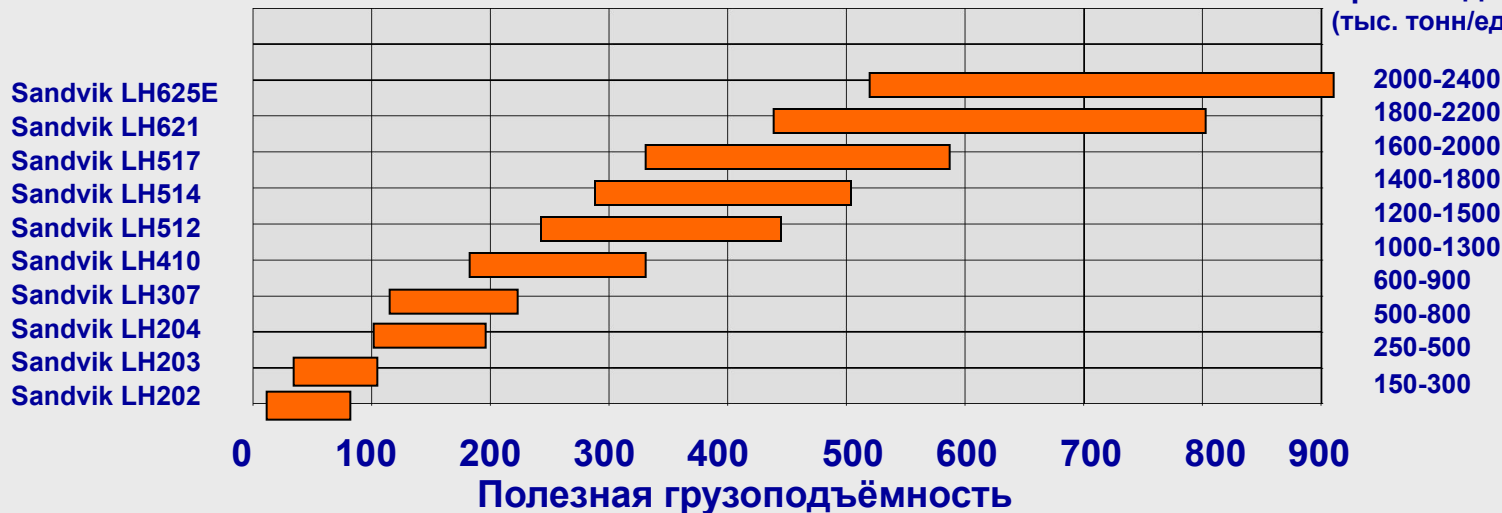
•Стандартная длина от 5 до 6 футов (от 1,525 до 1,83 м)



# Погрузочные операции - Выбор оборудования

## ■ Производительность

"Золотое правило"  
средняя ежегодная  
производительность  
(тыс. тонн/ед. оборудования)



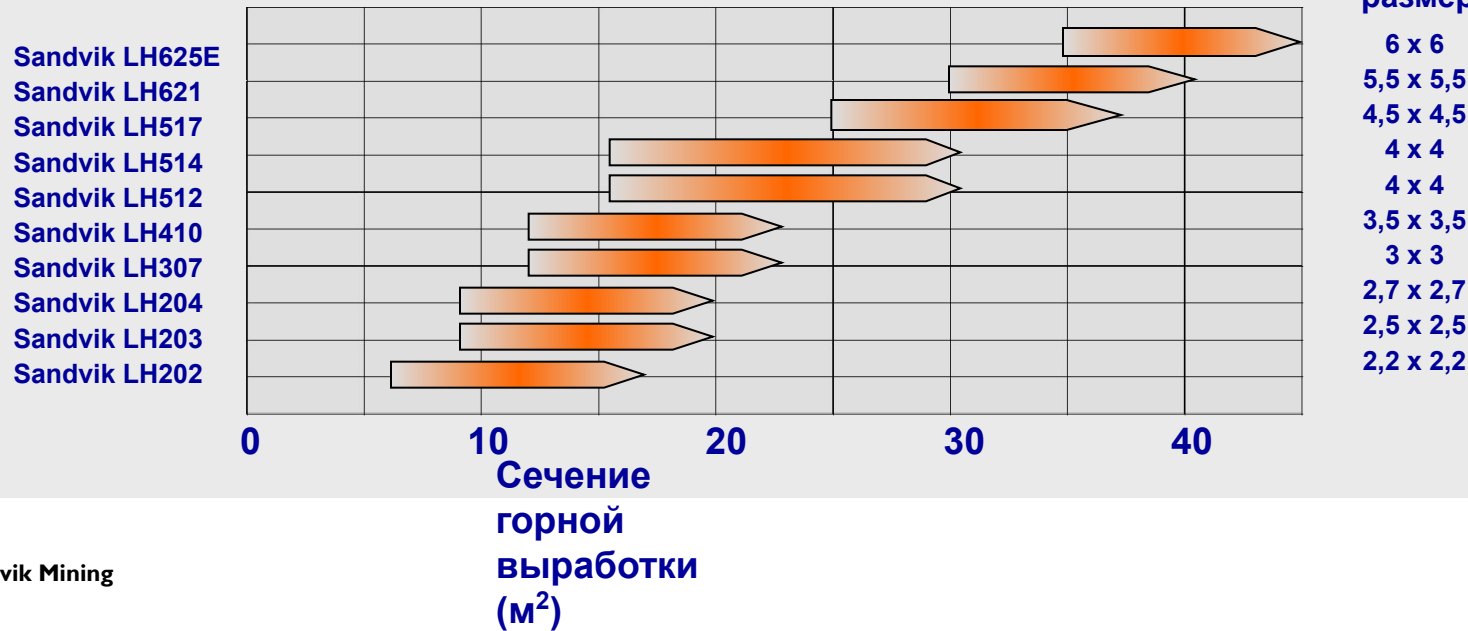
Предполагаемые условия: Непрерывный режим работы (3 рабочих смены)  
Перемещение по горизонтальным выработкам  
Расстояние в один конец: 100-200 м  
Коэффициент использования  
Эксплуатационная готовность

# Погрузочные операции - Выбор оборудования

## ■ Общие замечания

- Наиболее экономичным подходом является выбор оборудования с максимальной производительностью для данных требований в отношении геометрических размеров выработки
- Комментарий: Размер ковша влияет на размеры рабочей зоны
- Комментарий: Местные требования к размеру свободной поверхности с обеих сторон

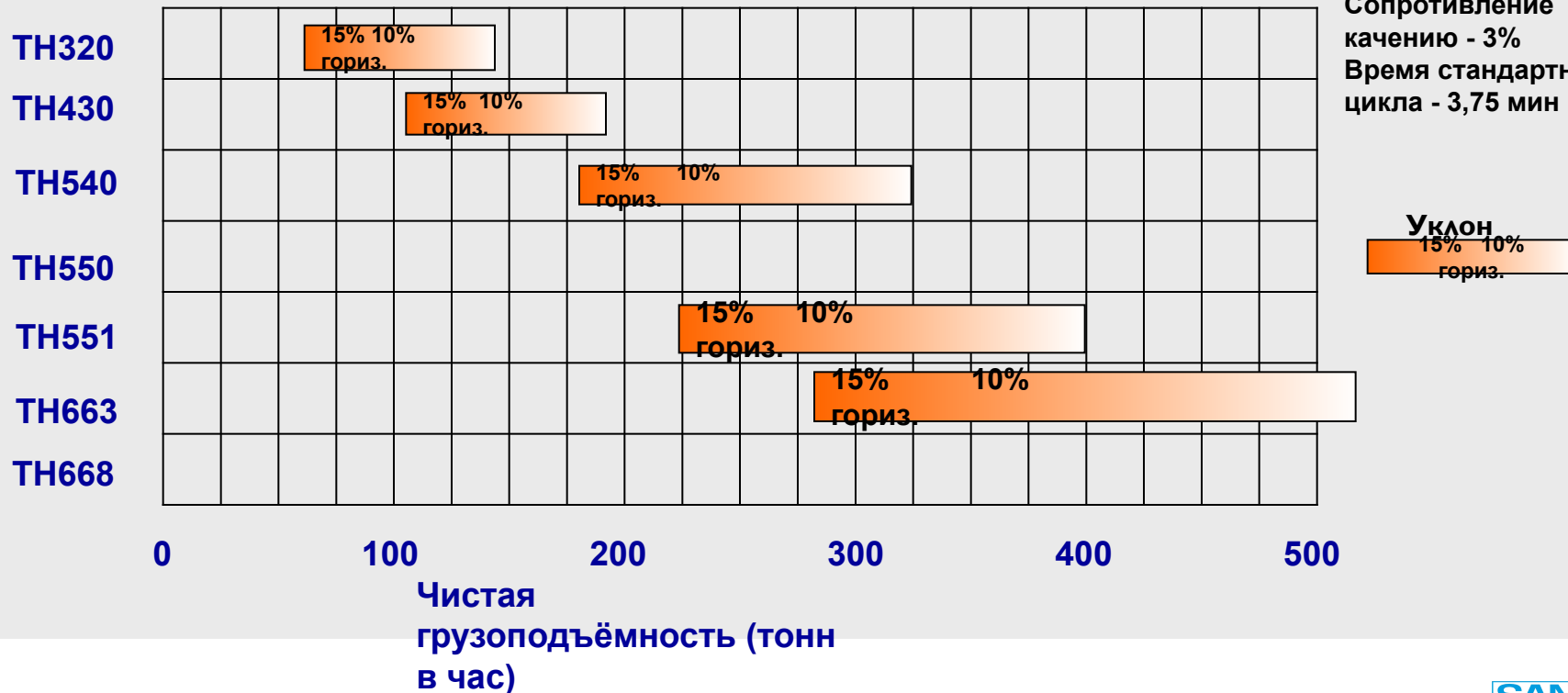
**Минимальный допустимый (Ш x В) размер выработки**





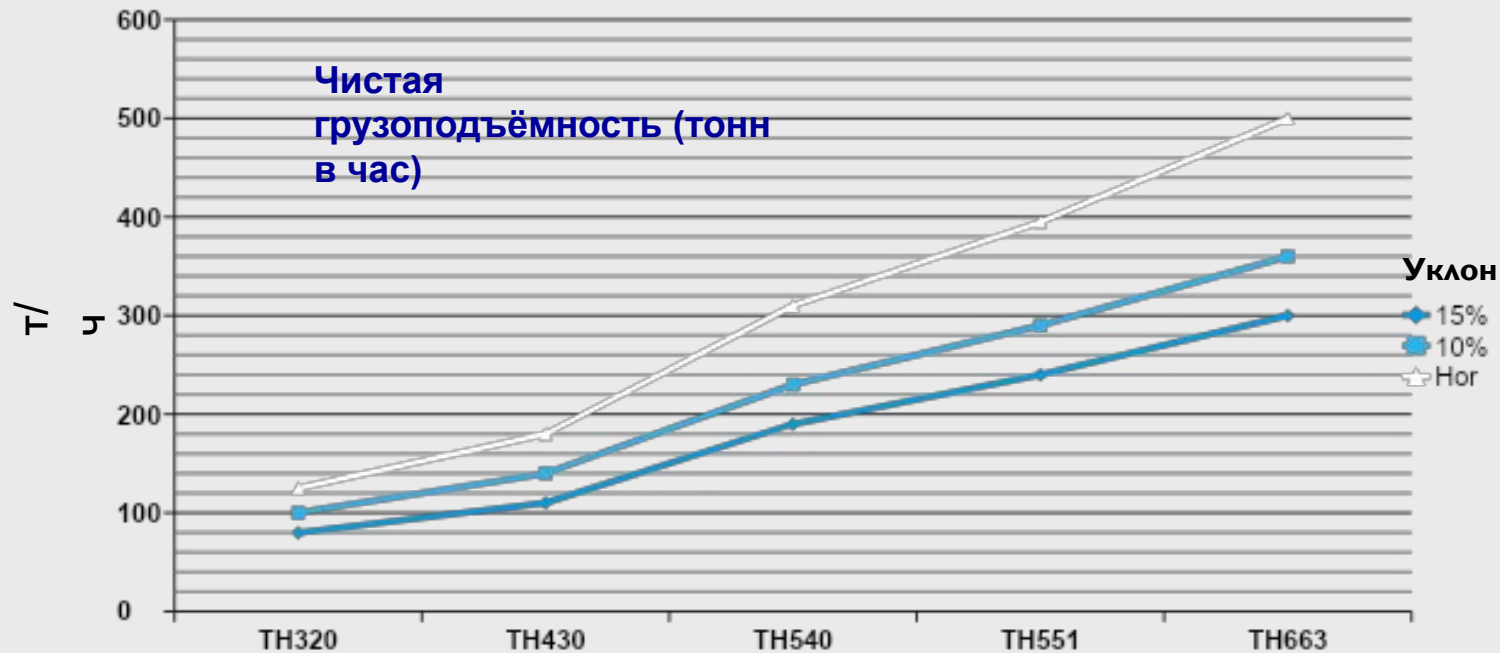
# Выбор доставочного оборудования Самосвалы Sandvik

Предполагаемые условия:  
Расстояние в один конец - 1000 м  
Сопротивление качению - 3%  
Время стандартного цикла - 3,75 мин



# Выбор доставочного оборудования

## Самосвалы Sandvik



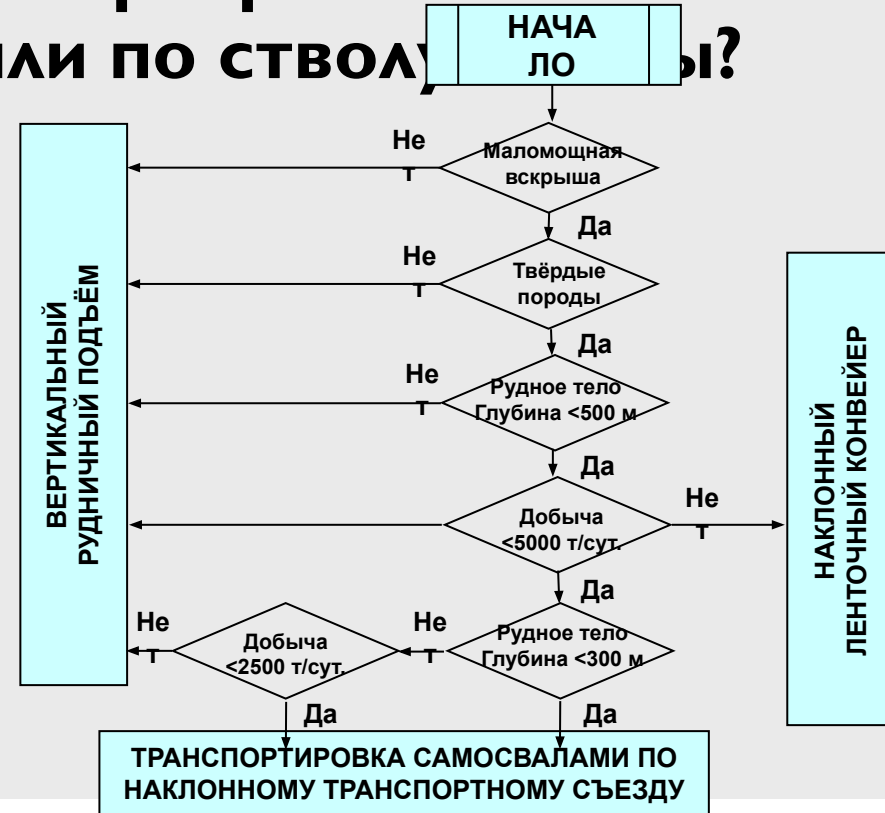
# Шахтный подъём: шахтным подъёмником, самосвалом или ленточным конвейером?

## ■ Критерии выбора

- Запасы руды, производительность добычи, система разработки и грунтовые условия
- Глубина залегания рудного тела от поверхности земли / портала
- Необходимость наклонной выработки в качестве доступа для технического обслуживания
- График разработки и планируемый срок эксплуатации рудника
- Вертикальная и горизонтальная скорость продвижения выработки
- Тип и состояние существующей инфраструктуры (например, разведочные и вентиляционные шахтные стволы / наклонные выработки) и её возможное использование
- Расстояние транспортировки до ствола шахты
- Требования / производительность системы шахтной вентиляции

# Шахтный подъём - Транспортировка по наклонному съезду или по стволу?

- **Транспортировка по наклонному транспортному съезду**
  - Низкий уровень инвестиций
  - Более высокие эксплуатационные расходы по сравнению с рудничным подъёмом
  - Быстрое начало добычи
  - Транспортировка самосвалами по наклонному транспортному съезду обычно требуется на том или ином этапе практически каждого проекта
  - Увеличение себестоимости на тонну при увеличении глубины рудника
    - Стандартное ограничение по глубине наклонного транспортного съезда - 500-800 м по вертикали
  - Практические ограничения по тоннажу зависят от условий рудника
- **Рудничный подъём**
  - Высокий уровень инвестиций
  - Достаточно долгий срок строительства
  - Высокая производительность и низкие операционные расходы на тонну





Горная Академия 2  
Малколм Кэмпбелл (Malcolm Campbell)  
Специалист по технико-экономическому анализу

+61400705477

[malcolm.campbell@sandvik.com](mailto:malcolm.campbell@sandvik.com)