

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра организации и управления

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯМИ ДОБЫЧИ И
ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 38.04.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 658.5:622.232 (073)

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯМИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ: Методические указания к практическим занятиям / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *С.А. Сидоренко*. СПб, 2021. 16 с.

Методические указания к практическим занятиям позволяют студентам получить практические навыки выбора и обоснования оптимальной технологии добычи и переработки запасов месторождений.

Предназначены для студентов магистратуры направления 38.04.02 «Стратегический менеджмент».

Научный редактор проф. *А.Е. Череповицын*

Рецензент канд. экон. наук *Д.О. Ижбердеева*

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Управление технологиями добычи и переработки твердых полезных ископаемых» относится к дисциплинам по выбору основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 38.04.02 «Стратегический менеджмент» (уровень магистратуры)» и изучается в 1 семестре.

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с функциональными концепциями и методами, применяемыми для достижения интенсивности производственных операций;

- формирование комплексного представления об управлении технологиями добычи и переработки твердых полезных ископаемых.

Основные задачи дисциплины:

– изучить организацию производственных систем предприятия;

– изучить с методами управления;

– приобрести знания по разработке стратегии и программы организационного развития предприятия, ведущего добычу и переработку твердых полезных ископаемых;

– подготовить студентов к самостоятельному управлению бизнес-процессами в компаниях, добывающих и перерабатывающих твердые полезные ископаемые.

Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

В ходе практических занятий необходимо выполнить расчетные задания для закрепления теоретических знаний по следующим темам:

1. Организация производственных систем горнодобывающего предприятия.

2. Управление процессами организации труда на горном предприятии.

3. Выбор и обоснование технологии отработки запасов месторождения.

4. Обоснования рациональной технологии добычи и переработки руды.

ЗАДАНИЕ 1. УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯМИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В ходе выполнения задания 1 необходимо на основании горно-геологических и горнотехнических данных:

1. организовать производственные системы горнодобывающего предприятия.

2. организовать производственный процесс на горном предприятии.

3. выбрать и обосновать технологию отработки запасов осуществляется с использованием специализированных горно-геологическим информационных систем, используемых для оптимизации параметров технологии добычи и планирования горного производства.

Исходные данные представлены индивидуальным по вариантам.

Исходными данными являются:

1. Геологические данные по скважинам.

2. Производственная мощность предприятия.

3. Производственная мощность обогатительной фабрики.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 1

1. Организация производственных систем предприятия

На основе заданной производственной мощности и режима работы предприятия осуществляется планирование количества единиц техники вскрышного, добычного, бурового и транспортного оборудования и его производительность для обеспечения бесперебойной работы.

2. Построение геологической модели рудного тела

Основываясь на исходных данных расположения рудного тела необходимо создать геологическую модель. Для этого создаются отдельные контуры с различными координатами, опираясь на исходные данные.

Для замены осей координат необходим переход во вкладку «Файловые функции» - «Математические операции со строками».

Затем создается объемная каркасная модель с помощью вкладки «Каркасные модели» - «Триангулировать» - «Триангулировать между сегментами».

Полученную модель необходимо закрыть со всех сторон, для этого - переход во вкладку «Каркасные модели» - Заверка – «Закрыть открытые стороны трисоляций».

Таким образом, на данном этапе строится объемная каркасная модель рудного тела, основанная на данных геологических скважин, и подготавливается основа для дальнейшего подсчета объемов запасов.

3. Подсчет объемов запасов и оценка стоимости запасов месторождения

Для получения данных о площади и объеме рудного тела необходимо выполнить переход во вкладку «Поверхности» - «Объемы» - «Справка об объемах КМ». Данная функция показывает информацию по модели.

По исходным данным для расчета с учетом индивидуального варианта (плотности, содержания золота) определяются объемы запасов, рассчитывается плотность горных пород масса рудного тела и

непосредственно полезного компонента. На основе данных необходимо произвести расчет стоимости запасов золота в рублях и в долларах. Кроме этого, исходя из оценки динамики цен на золото, необходимо выявить основные факторы, влияющие на их изменение.

4. Построение блочной модели месторождения

Блочная модель – это трехмерная модель рудной залежи, построенная путем разбиения этого участка на блоки, имеющие форму параллелепипеда и содержащие в себе различные числовые характеристики объекта (содержания полезных компонентов, объемный вес, тип руды и т.п.). Представление блочной модели является фундаментом для дальнейшей оценки экономической эффективности отработки. Первым шагом создания блочной модели является определение пределов ее распространения. Размеры блоков устанавливаются исходя из расстояния между скважинами и параметров карьера.

5. Задание атрибутов и стоимостных значений по блокам и создание экономической модели

Далее задаются необходимые атрибуты, под которыми подразумевается информация, характеризующая свойства каждой ячейки блочной модели. Эти данные могут иметь числовой или символьный тип. Функции работы с ними находятся в меню «Блок-модель» – «Атрибуты». Задаются три основных атрибута:

- «Gold» с фоновым значением (по индивидуальному варианту);
- «SG» с фоновым значением плотности (по индивидуальному варианту);
- «Rock_code» с буквенным значением.

Следующим шагом создаются ограничители. Ограничители – это логические комбинации пространственных операций и объектов, которые используются для выбора блоков, из которых может быть извлечена информация или в которые может быть проведена интерполяция.

Ограничения создаются по трем позициям:

- по поверхности;

- по вскрыше;
- по рудному телу.

Для этого сначала присваивается нужное значение через вкладки «Блок-модель» - «Вычисления» – «Присвоить» и затем задается ограничитель через вкладку «Задание нового ограничителя». Для проверки правильности задания атрибутов через вкладки «Блок-модель» – «Атрибуты» - «Показать атрибуты одного блока» сверяются полученные значения с заданными.

Таким образом, на данном этапе строится модель из блоков, каждой группе которых присваиваются определенные атрибуты. Построение блочной модели является необходимым шагом для проведения дальнейшей работы, а именно для экономической оценки и обоснования отработки месторождения полезного ископаемого.

6. Оптимизация отработки (выбор оптимальной совокупности блоков)

Горно-технологические условия накладывают ряд ограничений на возможность отработки карьера блоками в произвольном порядке. Из таких условий можно назвать, например, следующее: нельзя отработать неподготовленный блок. Отсюда возникают связи между блоками, которые будут учтены при построении графов для оптимизации. Еще одно условие: отработка должна быть рентабельна. Следовательно, необходимо соблюдать баланс между добычными и вскрышными работами. Из миллиона вариантов отработки элементарных блоков необходимо выбрать лучшие варианты.

Если рассмотреть диапазон колебаний цены на рынке от 30% до 200% через каждые 5-10%, то мы получим набор вложенных друг в друга «оболочек». Отработку целесообразно проводить в границах этих оболочек. Переход от одной оболочки к другой осуществляется по принципу «меньше вскрышных и добычных работ - больше прибыли». Таким образом, выбираем следующую оболочку, если небольшое увеличение горных работ приведет к заметному «скачку» NPV в сторону увеличения.

Для выполнения задания необходимо подгрузить блочную модель, созданную в GEOVIA Surpac в GEOVIA Whittle. При самом первом запуске программы Whittle может запрашивать пусть к ли-

цензионному файлу. Для создания нового проекта необходимо выбрать «Create project». Если выбрать «Project only», то создается пустой проект, который в дальнейшем можно наполнять данными.

После того, как импортируется блочная модель и проверка показывает, что данные по ней верны, переходим к установке углов бортов карьера. Для этого правой клавишей мыши открываем меню на узле блочной модели и добавляем узел «Slope Set». После задания углов наклона переходим к узлу «Pit Shells», в котором производится расчет предельного контура карьера, расчет вложенных оболочек. Данный узел содержит следующие вкладки:

1. Описание (Description);
2. Добыча (Mining),
3. Обогащение (Processing);
4. Продажа (Selling);
5. Оптимизация (Optimization);
6. Ограничения (Constants);
7. Выражения (Expressions);
8. Элементы пользователя (user Element);
9. Вывод результатов (Output);
10. Отчет (Report);
11. Системные сообщения (Messages).

Во вкладке Mining задаем стоимости добычных работ, коэффициент засорения, коэффициент разубоживания и стоимость рекультивации по типам руд.

Вкладка Expression позволяет записывать собственные формулы как математические выражения. Выражения включают: константы (постоянные), переменные, арифметические операторы, логические функции, специальные функции.

Во вкладке Processing на основании выбранной технологии задаем и себестоимость переработки горной массы.

Результаты расчета предельного контура карьера и его вариаций в графическом варианте просмотрим при помощи закладки «3D Viewer».

Выбираем данные для отображения, которые будут подгружены в модуль просмотра. Загружаем 3D просмотр результатов.

7. Многовариантное планирование границ отработки исходя из изменения цен сырье на рынке

Gemcom Whittle позволяет анализировать изменение различных функций в зависимости от колебаний аргументов в заданном диапазоне изменчивости. Обычно рассматривают зависимость NPV (Net Present Value) от затрат на добычу, обогащение, от тоннажа и содержаний.

Для оптимизации стратегического календарного плана открытых горных работ в программе технико-экономической оптимизации Gemcom Whittle используется алгоритм Milawa.

Суть алгоритма Милава - нахождение максимума целевой функции NPV, представляющей интегральный критерий для анализа дисконтированных денежных потоков, при наложенных ограничениях, обусловленных технологией ведения горных работ. Для нахождения решения, используется метод линейного программирования. Задача решается численными методами.

Принципы и ограничения:

1. Оптимизация проводится по цепочке «карьер-фабрика-рынок», т.е. начиная от добычи и переработки в карьере, обогащении на фабрике до продажи товарного металла (концентрата, сырья) на рынке.

2. Руда через коэффициенты потерь и разубоживания переводится в эквивалент металла.

3. Вскрыша на первых этапах откладывается на позднее время, на первых этапах вскрыша оптимизируется, что в итоге приводит к большей вскрыше на поздних этапах работы.

4. Должны существовать минимальная и максимальная ширина рабочей площадки.

5. Существует ограничение на глубину отработки.

6. В алгоритме Milawa NPV в первые годы вскрыша будет минимальной, чтобы начать добывать руду и обеспечить денежные потоки.

7. В алгоритме Milawa Balanced обеспечивается оптимум между NPV и плавным снижением вскрыши к концу жизни карьера.

8. Выбор оптимальной технологии выемки запасов месторождения полезных ископаемых

Исходя из различных рассчитанных вариантов отработки выбираем оптимальный, по критериям максимальный чистый дисконтированный доход, индекс доходности, внутренняя норма доходности и период окупаемости. При этом выбранная технология должна также позволять рационально загружать производственные мощности обогатительной фабрики. При изменении цен на рынке также необходимо оптимизировать технологию добычи и переработки для достижения максимальной эффективности работы предприятия.

9. Планирование ведения горных работ (проектирование карьера)

Для начала проектирования карьера нам необходимо знать:

- углы откоса уступов;
- высоты уступов;
- ширину берм безопасности;
- ширину дороги.

Установим директорию, в которой находятся учебные файлы для проектирования, создадим файл дна карьера исходя из оптимальной глубины отработки и параметров оборудования.

Выберем в меню *Проектирование* → *Проектирование карьера* → *Выбрать метод задания углов откосов*.

Выбираем метод по умолчанию – «проектный угол».

Устанавливаем градиент уклона уступа через меню *Проектирование* → *Проектирование карьера* → *Установить градиент наклона*.

Применяем предыдущую форму и устанавливаем новый съезд в карьер через меню *Проектирование* → *Проектирование карьера* → *Новый съезд в карьер*.

Применяем форму и выбираем пункт меню *Проектирование* → *Расширить сегмент* → *По высоте уступа*.

В качестве сегмента для расширения выбираем стринг дна карьера.

Чередуя 2 действия – *Расширить по высоте уступа* и *Расширить по ширине бермы*, можно создаем уступы.

Продолжая наращивать поуступно карьер можно поправлять и редактировать необходимые площадки, перенося точки или созда-

вая новые (при редактировании точек самой дороги необходимо сохранить файл, выгрузить и заново загрузить его, затем заново про-
ставить градиенты уклона и создать новый съезд).

Когда карьер готов можно создать его ЦТМ из меню *Поверхности* → *Создать ЦТМ из уровня*.

Если возникло сообщение об ошибке, то в ходе проектирования появились перехлесты или перегибы. Для того чтобы увидеть и отредактировать перехлесты до построения ЦТМ модели нужно почистить уровень. Сделать это можно через меню *Редактировать* → *Уровень* → *Почистить*.

ЗАДАНИЕ 2. ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ РУДЫ

При изменении горно-геологических условий необходимо перестраивать технологические схемы и менять средства труда для обеспечения бесперебойной работы технологических звеньев. Рекомендации по внедрению новой техники, технологии, передовых форм организации производства и труда, применения более экономичных материалов и т.п. должны быть экономически обоснованы с учетом возможностей их внедрения в плановом периоде. Горно-геологические и горнотехнические условия представлены по индивидуальным вариантам.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ 2

1. Описание и анализ существующей технологии, механизации и организации производства на участке.

1.1. Краткая геологическая и гидрогеологическая характеристика рудного поля. Мощность рудного тела, угол падения залежи, качество руды, свойства руды.

1.2. Система разработки. Применяемые системы разработки, их параметры, достоинства и недостатки в данных условиях. Технологические схемы проходки горно-подготовительных и нарезных выработок.

1.3. Способ переработки руды. Потери и разубоживание руды.

1.4. Механизация работ. Характеристика средств механизации подготовительных, нарезных и очистных работ. Транспорт руды. Нормативная и фактическая производительность горно-транспортного оборудования.

1.5. Организация работы и труда. Основные технико-экономические показатели работы участка за предшествующий период. Применяемые режимы работы участка и предприятия в целом. Организация труда на участке (принцип комплектования производственных бригад). Использование рабочего времени на участке. Организация заработной платы на участке.

1.6. Основные технико-экономические показатели работы участка за предшествующий период (месяц, квартал, год). Объем

добычи полезного ископаемого за смену, сутки, месяц, год. Численность персонала участка, в том числе рабочих. Производительность труда одного рабочего и трудящегося (за смену, месяц). Производительность труда рабочих ведущих профессий Себестоимость добычи 1 т руды на участке (месяц, квартал, год). Краткий анализ фактической себестоимости 1 т руды по отдельным элементам затрат (заработная плата с начислениями, материалы, энергия, амортизация). Причины экономии или перерасхода по элементам затрат.

2. Организационно-технические мероприятия по улучшению технико-экономических показателей работы участка с обоснованием экономической эффективности (разработка раздела возможна в двух вариантах: при сохранении технологии и способа механизации на участке и при его изменении).

Вариант 1. Обоснование решения о сохранении технологии и способа механизации. Мероприятия по совершенствованию существующего технологического режима работы машин, форм бригадной организации и разделения труда (переход от сменной к суточной, изменение порядка распределения обязанностей между рабочими и т.д.). Мероприятия по внедрению более рациональных приемов и методов выполнения отдельных операций и процессов. Мероприятия по устранению «узких мест» и потерь времени, улучшение организации ремонта оборудования, обеспечение запаса материалов и т.д.

Вариант 2. Обоснование замены существующего способа механизации: составление перечня необходимых машин, оборудования с указанием их стоимости. Определение возможной сменной производительности машин и ее проверка по лимитирующим факторам. Расчет количества циклов в сутки, суточного и годового объема добычи, себестоимости 1 т руды и экономической эффективности замены существующего способа механизации выемки полезного ископаемого, технологической схемы добычи и переработки. Выбор формы бригадной организации труда, приемов и методов отдельных операций и процессов.

Сопоставление и анализ фактических данных о работе участка за предыдущий период (месяц, год) и расчетных показателей на плановый период. Выводы об обоснованности разработанного плана

участка. Расчет проектируемых технико-экономических показателей и сравнение их с фактическими производится поэтапно.

Планирование добычи полезного ископаемого и развития горных работ должно быть направлено на достижение наибольшей добычи из очистных и подготовительных выработок участка за год. Существующая технология работ может быть заменена более современной. При составлении плана механизации очистных и подготовительных работ и транспорта следует изучить возможность применения более совершенных серийных машин, чем те, которые работают на участке.

Должен быть разработан график организации работ для очистного забоя. Расчет экономической эффективности применения новой техники, систем разработки можно производить применительно к одному из блоков, сравнивая расчетные показатели его работы после внедрения новой техники с расчетными или плановыми показателями работы до ее внедрения. Для установления экономической эффективности определяется срок окупаемости капитальных вложений в новую технику и технологию и годовой экономический эффект.

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Планирование на предприятии: Учебник / М.И. Бухалков. – 4-е изд., испр. и доп. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 411 с. [Электронный ресурс]: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=426964>.

2. Карданская, Н.Л. Принятие управленческого решения=Management decision making: учебник для вузов / Н.Л. Карданская. - Москва : Юнити-Дана, 2015. - 407 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. ISBN 5-238-00056-1 ; То же [Электронный ресурс]. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=446557>.

3. Организация производства и управление предприятием [Электронный ресурс]: Учебник / О.Г. Туровец, М.И. Бухалков, В.Б. Родионов и др.; Под ред. О.Г. Туровца. – 3-е изд. М.: ИНФРА-М, 2015. 506 с. Режим доступа <http://znanium.com/bookread2.php?book=472411>.

Дополнительная литература

1. Основы горного дела [Электронный ресурс] : учебник / Ю.А. Боровков, В.П. Дробаденко, Д.Н. Ребриков. Электрон. дан. Санкт-Петербург : Лань, 2018. 468 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100921>.

2. Клейн, М.С. Технология обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.С. Клейн, Т.Е. Вахонина. Электрон. дан. Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. 193 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/105409>.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Задание 1. Управление технологиями отработки запасов месторождения твердых полезных ископаемых.....	4
Последовательность выполнения задания 1.....	5
Задание 2. Обоснование рациональной технологии добычи и переработки руды.....	12
Последовательность выполнения задания 2.....	12
Рекомендуемый библиографический список.....	15

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЯМИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов магистратуры направления 38.04.02*

Сост. *С.А. Сидоренко*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
организации и управления

Ответственный за выпуск *С.А. Сидоренко*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 29.01.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 0,9. Усл.кр.-отт. 0,9. Уч.-изд.л. 0,8. Тираж 75 экз. Заказ 60.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2