

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Рудненский индустриальный институт

Кузьмин С.Л., Фионин Е.А., Моисеев В.А.

**Способы регулирования режима горных работ
при открытой разработке месторождений
полезных ископаемых**

Монография

Рудный, 2018

УДК 622.271
ББК 33.16
К89

Рецензенты:

Доцент кафедры РМПИ ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», кандидат технических наук Д.В. Доможиров
Начальник бюро по горным работам АО ССГПО Мукашев А.Б.

Способы регулирования режима горных работ при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. - Кузьмин С.Л., Фионин Е.А., Моисеев В.А. - Рудный, 2018. – 80с.

ISBN 978-601-7554-98-9

Монография предназначена для специалистов в области открытой добычи полезных ископаемых, студентов и преподавателей горных ВУЗов. В ней изложены основные вопросы проектирования открытых горных работ и рассматриваются существующие способы регулирования режима горных работ.

УДК 622.271
ББК 33/16

Монография рекомендована к опубликованию решением Ученого Совета РИИ, протокол №3 от 25.10.2018.

ISBN 978-601-7554-98-9 © Кузьмин С.Л., Фионин Е.А., Моисеев В.А., 2018.
СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ существующих технологий регулирования режима открытых горных работ.....	6
1.1 Общие сведения.....	6
1.2 Регулирование режима горных работ с помощью временно нерабочего борта.....	8
1.3 Применение рациональных вариантов вскрытия.....	23
1.4 Увеличение углов откосов рабочих бортов или рабочей зоны на разных этапах разработки месторождения.....	24
1.5 Применение рациональных вариантов вскрытия.....	24
2 Обоснование возможности регулирования режима горных работ за счет применения технологии размещения части объемов вскрыши во временных отвалах в карьере.....	26
3 Исследование влияния внутренних отвалов на режим горных работ карьеров	44
3.1 Оптимизация графика режима горных работ карьеров.....	44
3.2 Управление режимом открытых горных работ в период кризиса	46
3.3 Разработка регулирования режима горных работ при временном внутреннем отвалообразовании на карьере.....	49
3.4 Способы планирования работы горного предприятия при применении временного внутреннего отвалообразования.....	55
4 Построение календарных планов горных работ и их оптимизация на основе технологии отсыпки и отработки временных внутренних отвалов	57
4.1 Общие принципы построения календарных графиков режима горных работ	57
4.2 Построение и оптимизация календарных графиков режима горных работ для Качарского карьера.....	60
4.3 Построение и оптимизация календарных графиков режима горных работ для карьера АО «Костанайские минералы».....	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	79

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных решений, принимаемых при проектировании карьера, является решение, определяющее последовательность отработки запасов месторождения. В границах контуров, объем карьера представляет совокупность отдельных объемов вскрышных пород и полезных ископаемых, имеющих определенное пространственное положение, количественные и качественные характеристики.

При разработке месторождения практически всегда имеются различные технологически возможные варианты последовательности выемки этих объемов, т.е. варианты развития работ. Прежде всего они характеризуются местом заложения начальных горных выработок и направлением развития работ. Поэтому при проектировании развития горных работ в карьере из ряда возможных вариантов должен быть выбран такой, который обеспечивал бы наиболее полное извлечение полезных ископаемых с максимальной эффективностью при строгом выполнении всех требований по безопасному производству работ.

Для определения рационального направления развития работе карьере с середины 50-х гг. XX в. применяют методы горно-геометрического анализа карьерных полей и исследования режима горных работ.

Горно-геометрический анализ карьерных полей — это совокупность методов изучения месторождения полезных ископаемых или его участка, предназначенного для разработки открытым способом, с помощью которых устанавливают закономерности изменения горно-геометрических показателей разработки по мере развития горных работ.

Он служит основой исследования режима горных работ - определение последовательности выполнения вскрышных и добычных работ в карьере, обеспечивающей планомерную, безопасную и экономически эффективную разработку месторождения.

При этом подразумевается, что названной последовательностью определяются объемы работ, места и календарные сроки их проведения. Таким образом, понятие «режим горных работ» идентично понятию «долгосрочный календарный план».

Возможность реализации календарного плана, найденного на основании исследования режима горных работ, должна быть подтверждена сопоставлением необходимых для этого значений скоростей развития работ в плане и в глубину со значениями этих показателей, которые могут быть достигнуты с помощью доступного по проекту числа единиц оборудования.

Считается, что режим горных работ установлен, если найдено положение начальных горных выработок, главное направление развития работ, календарное распределение объемов вскрышных и добычных работ по годам (этапам) разработки карьера, обеспечивающее экономически эффективную разработку месторождения и достижение установленных технических показателей и требований потребителей продукции. Таким образом, в процессе проектирования режима горных работ должны быть определены места заложения начальных

горных выработок, выбраны направление и интенсивность развития горных работ плане (по бортам карьера) и в профиле (в глубину), определен объем горно-строительных работ, сформирован календарный график выполнения вскрышных и добычных работ, отвечающий принятым критериям эффективности.

Режим горных работ неразрывно связан со вскрытием, системой разработки, технологией и механизацией работ, другими важнейшими параметрами карьера. Поэтому специфичность задачи проектирования режима горных работ заключается в том, что все названные и другие важнейшие технические системы и характеристики карьера не только определяются режимом горных работ, но и сами являются основой для его определения. Однако влияние режима горных работ на выбор всех технологических решений следует признать доминирующим.

При исследовании режима горных работ необходимо рассматривать не только различные варианты направления развития работ для какой-либо одной эскизно принятой технологии разработки месторождения и механизации выполнения горных работ, но и варианты, отличающиеся друг от друга самими технологиями и техническими средствами их реализации.

Решение задачи определения рациональной последовательности отработки запасов месторождения основывается на выявлении объективных характеристик разработки месторождения - значениях средних и контурных содержаний полезных компонентов, средних, контурных и текущих коэффициентов вскрыши или горной массы, абсолютных значениях объемов полезного ископаемого и горной массы в отдельных слоях, по этапам разработки и в целом по карьере при различном положении границ. Однако рациональный вариант выбирают по критериям, позволяющим интегрально оценить эффективность различных вариантов на основании сопоставления их технических, экономических, экологических и других показателей.

Необходимо отметить, что до настоящего времени не разработаны точные методы решения задачи определения рациональной последовательности отработки запасов месторождения в конечных контурах карьера.

1 Анализ существующих технологий регулирования режима открытых горных работ

1.1 Общие сведения

Задачи регулирования режима горных работ решались широким кругом специалистов за рубежом и в СССР, странах СНГ в течение ряда последних десятилетий. Это обусловлено существенным влиянием режима горных работ на технико-экономические показатели карьеров, сложностью и многогранностью проблемы, повышением требований к экономической эффективности работы карьеров. Теоретические и практические аспекты проблемы исследуются и в настоящее время.

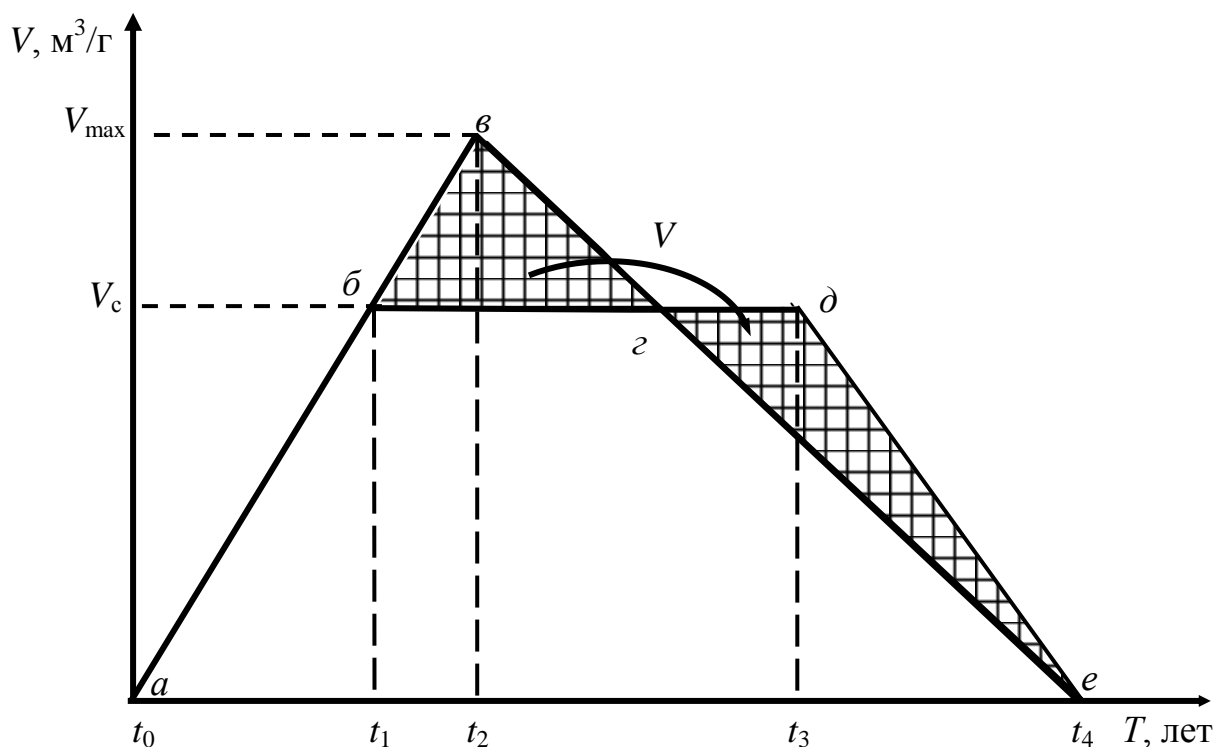
Проблемы регулирования режима горных работ широко исследованы в работах известных ученых и специалистов. В русскоязычной научной литературе вопросы исследования режима горных работ представлены в трудах А.И. Арсентьева, В.В. Ржевского, В.С. Хохрякова, М.Г. Новожилова, В.Н. Сидоренко, С.В. Гавришева. В Казахстане этими вопросами занимались Б.Р. Ракишев, Д.Г. Букейханов, С.Ж. Галиев, А.Ф. Цеховой.

Анализ материалов исследований известных ученых и специалистов в области открытой разработки месторождений полезных ископаемых показал, что целесообразность регулирования режима горных работ и, как следствие, разработка способов и технологий такого регулирования обусловлены “пикообразной” формой графика режима горных работ при обычной отработке наклонного или крутопадающего месторождения. На рисунке 1.1 приведен примерный график режима горных работ без регулирования режима специальными методами и с регулированием специальными технологическими решениями с переносом отработки части объемов вскрышных работ на более позднее время.

Как следует из анализа графика *абвге*, на нем производительность карьера по вскрыше монотонно возрастает от начала работ до момента t_2 , а затем монотонно убывает до момента t_4 .

Такой график режима горных работ не является рациональным, поскольку работа карьера в этом случае на этапе от начала работ t_0 до момента времени t_2 опровергается постоянным ростом производительности карьера по вскрышным породам. Для обеспечения работы карьера по такому графику необходимо весь этот период наращивать численность оборудования и персонала на всех технологических процессах, а также мощности инфраструктуры карьера, которые заняты обработкой все возрастающих годовых объемов вскрыши. Пропускная способность автомобильных дорог, путевого развития карьера, число и параметры вскрывающих выработок должны иметь параметры и показатели, обеспечивающие пропуск и обработку пиковых объемов вскрышных работ. Такой естественный рост производственной мощности и численности технологических участков карьера, а также инфраструктуры карьера можно было бы считать даже рациональным, но после краткого периода достижения пика мощно-

сти в момент t_2 эти мощности оказываются излишними, поскольку тут же сразу начинается естественное снижение требуемой производительности карьера.



$абвге$ – график режима горных работ карьера без регулирования; $абгде$ – график режима горных работ с переносом срока отработки части объемов вскрышных пород на более позднее время; $S_{бвг}$, $S_{дде}$ – соответственно пиковые объемы вскрыши, отработка которых перенесена на более позднее время, и положение этих перенесённых объемов вскрыши на новом графике режима горных работ, $м^3$; V_{max} , V_c – соответственно максимальное и стабилизированное значение производительности карьера по вскрыше; t_0 , t_1 – соответственно момент начала разработки месторождения и начало консервации объёмов вскрыши; t_2 – момент достижения пиковых объёмов при обычном ведении работ; t_3 – начало снижения производительности по вскрыше при регулировании режима горных, лет; V – объем вскрышных работ, переносимых на более позднее время, $м^3$.

Рисунок 1.1 – Оптимизация режима горных работ

Падение производительности карьера по вскрыше требует снижения численности оборудования и персонала на производственных участках. Параметры инфраструктуры карьера (путевое развитие железнодорожных путей, параметры вскрывающих выработок, структуры технического обслуживания оборудования на всех процессах) оказываются незагруженными и не используются в

полной мере. Причем эта незагруженность быстро нарастает. По справочным данным затраты на демонтаж оборудования и сооружений с целью последующей продажи составляет в среднем 30 % от капитальных затрат на это оборудование или строительство сооружений. Такие явно чрезмерные капитальные затраты целесообразно сократить, что существенно снизит себестоимость продукции горных предприятий и, соответственно, увеличит их прибыль. Достичь поставленной цели можно за счет оптимизации графиков режима горных работ. Для этого достаточно за счет технологических решений “срезать” значение пиковых объемов вскрыши, то есть, снизить производительность карьера по вскрыше.

1.2 Регулирование режима горных работ с помощью временно нерабочего борта

Технологическая реализация такого решения была представлена в виде остановки разноски вскрышных уступов, начиная с верхнего уступа в момент достижения карьером приемлемого уровня производительности по вскрыше. Требуемое снижение производительности по вскрыше достигалось путем регулирования протяженности участка борта карьера, на котором останавливалась разноска уступов.

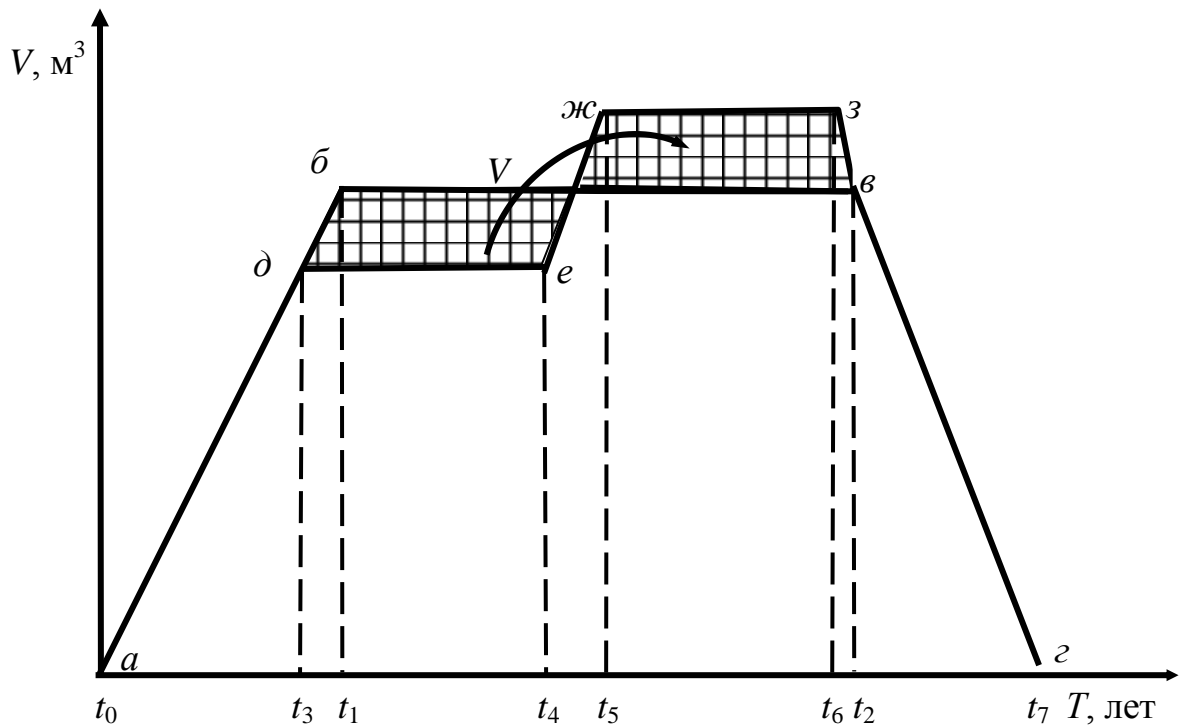
В этом случае внутри карьера начинал формироваться временно нерабочий борт (ВНБ). Методы расчетов параметров и показателей ВНБ изложены в [1]. Анализ этой технологии показал, что это – системная технология со строгими временными параметрами формирования ВНБ, сроком его существования, моментом начала расконсервации объемов вскрыши под ВНБ и требуемой интенсивностью расконсервации ВНБ.

Первые исследования с рекомендациями по учету фактора времени в области горного дела были отражены в работе [2]. В исследованиях [3] были приведены примеры расчета экономического эффекта от переноса срока отработки объемов вскрыши на более позднее время.

Учет фактора времени при оценке затрат при отработке объемов вскрыши непосредственно отразился в теории формирования ВНБ. Для достижения большего экономического эффекта целесообразно было максимально снизить производительность карьера по вскрыше в начале разработки карьера за счет применения технологии ВНБ и отработать карьер с последующим повышением производительности по вскрыше на следующем этапе. То есть, равномерный, но ступенчатый график производительности по вскрыше в течение длительного периода времени имел больший экономический эффект по сравнению с равномерным графиком. На рисунке 1.2 представлена эволюция графиков режима горных работ с учетом фактора времени.

Дальнейшее развитие идей использования технологии ВНБ шло по пути увеличения параметров временно нерабочего борта карьера, а именно, увеличивалась его протяженность. Крайним случаем увеличения масштабов параметров ВНБ является этапная разработка месторождений. В этом случае внут-

ри конечных контуров карьера намечались промежуточные контура временно нерабочих бортов карьера, при достижении которых разность рабочих уступов прекращалась, и начиналось формирование временно нерабочего борта по всему периметру борта карьера. За счет формирования ВНБ по всему периметру карьера достигался больший экономический эффект, поскольку задерживалась и соответственно переносилась отработка больших объемов вскрышных работ. На рисунке 1.3 приведена схема этапной отработки карьера.



t_1 – достижение постоянной производительности по вскрыше, год;
 t_2 – начало снижения производительности по вскрыше, лет; t_3 – начало снижения производительности по вскрыше при увеличении параметров ВНБ, лет; t_4 – начало этапа роста производительности по вскрыше из-за расконсервации вскрыши, лет; t_5 – начало второго этапа стабильной производительности по вскрыше, лет; t_6 – начало этапа снижения производительности по вскрыше, лет;
 V – объем вскрышных работ, переносимых на более позднее время, м^3 .

Рисунок 1.2 – Оптимизация календарного графика с использованием ВНБ

Схема разделения карьерного поля на этапы отработки характеризуется объемом и временем добычи полезного ископаемого в контурах этапа, объемом и сроком консервации вскрыши, интенсивностью отработки временных бортов и другими показателями. Промежуточные контура разделяют карьер на последовательно разрабатываемые во времени очереди (этапы). После отработки первой очереди (контур *abcdef*) разрабатывается вторая очередь (контур *klmnoprstu*).

При продолжительном сроке эксплуатации в отдельных случаях может быть рациональным выделение этапов работы карьера или промежуточных его контуров с запасами, обеспечивающими работу в течение первого периода (этапа) продолжительностью 12-15 лет и более благоприятными условиями разработки: меньшими значениями коэффициента вскрыши и дальности транспортирования, лучшим качеством руды и т.д. Порядок установления промежуточных контуров карьера определяется поставленной целью - улучшением в первый период его работы того или иного, а иногда и нескольких показателей разработки.

При выделении промежуточных контуров очень важно определить конечные границы карьера с учетом их перспективного расширения. Поэтому в проектах крупных и глубоких карьеров следует принимать во внимание возможность выделения этапа, на котором можно добиться максимального сокращения текущего коэффициента вскрыши, а также учитывать работоспособность принятого порядка вскрытия месторождения в период перехода от одного этапа к другому.

При проектировании работы карьера этапами необходимо помнить, что переходы от одного этапа к другому обычно сопровождаются весьма трудоемкими работами по изменению технологии разработки и технического оснащения процессов производства горных работ, необходимостью реконструкции транспортных коммуникаций.

В этом случае в пределах конечных контуров намечают промежуточный контур - этап разработки. На этом контуре предусматривают формирование временно нерабочего борта с углом наклона $25\div 30^\circ$, разносимого по мере углубления карьера, или организуют карьер первой очереди, отрабатываемый с опережением. Это дает возможность перенести (законсервировать) выполнение части объемов вскрышных работ на более поздние периоды разработки.

Анализ производственного опыта и теоретических исследований в области открытой разработки месторождений этапами подтверждает высокую эффективность применения временно нерабочих бортов (ВНБ) для уменьшения и стабилизации эксплуатационного коэффициента вскрыши. В последнее время создание временно нерабочих участков в карьерах носит стихийный характер из-за систематического невыполнения плановых объемов вскрышных работ. Анализ практической работы карьеров позволил систематизировать причины формирования ВНБ (рисунок 1.3).

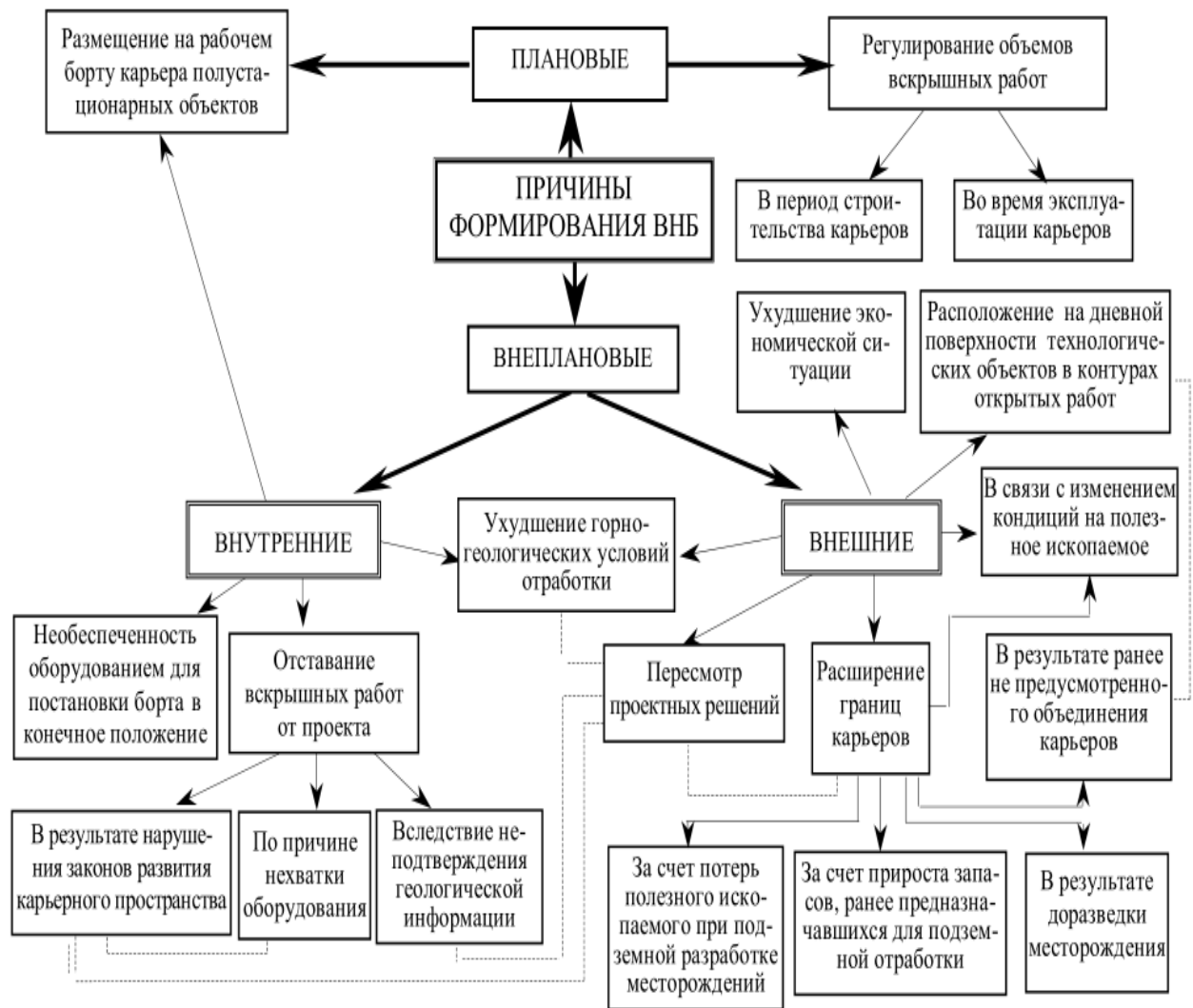


Рисунок 2.1 – Причины формирования временно нерабочих бортов карьера

Обращает на себя внимание тот факт, что из-за сложной экономической ситуации на карьерах возникла масса внеплановых причин, повлекших за собой образование в карьерах целиков, сдерживающих развитие горных работ. Размеры отдельных временно нерабочих зон на крупных современных карьерах достигают 200 м по высоте и 1000 м в плане.

Основными параметрами карьера i -го этапа являются высота $H_{\text{би}}$ временно нерабочего борта карьера, глубина $H_{\text{ки}}$ карьера на конец отработки этапа, борта, угол $\gamma_{\text{в}}$ наклона ВНБ, ширина этапа B_i (расстояние по поверхности между смежными промежуточными контурами или между промежуточным и конечным контурами карьера), объем $V_{\text{ки}}$ законсервированной вскрыши на i -ом этапе, объем Z_{pi} резервных запасов полезного ископаемого этапа, угол $\gamma_{\text{р}}$ наклона рабочего борта, соответственно глубина $H_{\text{пз}}$ и $H_{\text{рз}}$ переходной и рабочей зоны, средний коэффициент $K_{\text{в.и}}$ вскрыши в i -ом этапе.

Рациональная схема разделения карьера на этапы должна удовлетворять следующим условиям:

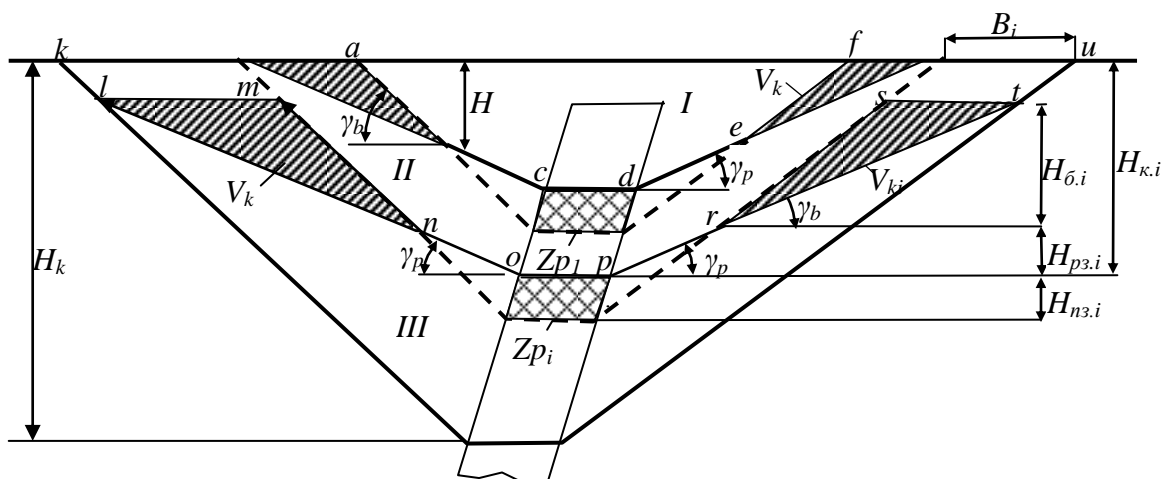


Рисунок 1.4 – Схема поэтапного развития карьера

1. Производительность карьера по полезному ископаемому не должна уменьшаться в различные периоды (например, в момент перехода горных работ через промежуточный контур от одного этапа к другому).

2. Средний коэффициент вскрыши на каждом этапе, приведенный к одинаковому качеству товарной продукции, должен быть минимальным и меньшим, чем в последующем этапе.

3. Объемы вынимаемых вскрышных пород и текущий коэффициент вскрыши на каждом последующем этапе должны быть, как правило, больше, чем на предыдущем (за исключением периода затухания).

Порядок расчета параметров этапа следующий.

1. Определяют следующие исходные данные:

- срок отработки этапа (в зависимости от экономических и организационно-технических условий он обычно составляет 7-10 лет);
- угол наклона временного борта, принимаемый в зависимости от схемы и скорости расконсервации в пределах 23-37°;
- максимальная технически возможная и экономически целесообразная скорость понижения горных работ при расконсервации временного борта.

2. По заданной производительности карьера по полезному ископаемому определяют объем Z_p резервных запасов по формуле

$$Z_p = P_{ин} t_{п}. \quad (1.1)$$

3. По объему резервных запасов определяют глубину переходной зоны по формуле

$$H_{пз,i} = \frac{Z_p}{Z_r} h, \quad (1.2)$$

где Z_r – запасы полезного ископаемого на горизонте (на каждом горизонте запасы одинаковы);

h – высота уступа.

4. Определяют требуемую скорость понижения добычных работ по формуле

$$h_o = \frac{H_{пз}}{h_{п}}. \quad (1.3)$$

5. Затем расчет корректируют, подбирая такие значения параметров этапов, чтобы соблюдалось условие

$$\frac{H_{бi} + H_{рзi} + H_{пзi}}{h_b} = \frac{H_{изi}}{h_o}, \quad (1.4)$$

где $H_{бi}$, $H_{рзi}$, $H_{пзi}$, $H_{изi}$ – соответственно высота временно нерабочего борта карьера, резервной зоны, переходной зоны.

6. Намечают несколько вариантов разделения карьера на этапы и по каждому варианту определяют продолжительность переходного периода, высоту временного борта карьера, высоту переходной зоны, объем резервных запасов полезного ископаемого, скорость понижения работ на временном борту и в добычной зоне.

7. По полученным показателям строят на поперечных сечениях и планах промежуточные контуры (с учетом требований размещения транспортных коммуникаций, вскрывающих выработок и других условий), определяют поэтапный объем консервируемой вскрыши, сроки отработки каждого этапа, поэтапный коэффициент вскрыши, выполняют горно-геометрический анализ, на основе которого строят календарные графики вскрышных и добычных работ, вычисляют ежегодные затраты и доходы, оценивают каждый вариант и принимают оптимальный.

Для сложных горно-геологических условий установить в проекте рациональные параметры этапов можно лишь в том случае, если рассматривать карьер в целом в динамике. Поэтому рассчитанные по формулам (1.1), (1.2), (1.3), (1.4) параметры этапов являются предварительными. Они должны быть уточнены при проектировании вскрытия. Уточнение параметров может быть достигнуто при горно-геометрическом анализе с использованием календарного графика объемов вскрышных работ.

Как следует из описания технологий простого использования временно нерабочих бортов в карьерах и поэтапной отработки карьеров, эти методы регулирования режима горных работ позволяют в рамках обычно продольной или радиальной углубочной системы разработки добиться существенного регулирования режима горных работ с целью получения экономического эффекта от сокращения затрат на строительство инфраструктуры предприятия и оснащения его технологическим оборудованием, а также от переноса сроков отработки значительных объемов вскрыши на более позднее время.

Сроки реализации таких технологических решений имеют продолжительность в несколько лет (от 1 до 5, 7 лет). На конкретное значение допусти-

мого срока существования ВНБ оказывает влияние целый ряд факторов, в том числе и мощность залежи полезного ископаемого, несмотря на то, что в типовых расчетах параметров и показателей ВНБ в работах [1, 2] этот фактор не учитывается. Следует отметить, что приведенные выше технологии регулирования режима горных работ являются довольно сложными и не исследованы в полной мере, в частности, нет указаний на необходимость и самих методов расчетов требуемой продолжительности срока существования ВНБ с учетом характеристик фактического графика режима горных работ, а именно, продолжительности периода между противоположными ветвями графика режима горных работ, что часто приводит к тому, что начало момента расконсервации ВНБ приходится на участок ветви графика с ростом потребной производительности карьера по вскрыше. В этом случае можно получить экономический эффект от переноса срока отработки объемов вскрыши на более позднее время, но при этом из-за естественного возрастания потребной производительности карьера по вскрыше на этой части календарного графика и накладки на эти растущие объемы объемов вскрыши, обрабатываемой при расконсервации ВНБ, возрастают затраты на оснащение технологическим оборудованием всех технологических звеньев и повышение пропускной способности всей инфраструктуры карьера в связи с общим возрастанием потребной производительности по вскрыше всего карьера. Одновременное проявление этих двух факторов приводит к сокращению экономического эффекта от переноса срока отработки вскрыши, а часто – к экономическим потерям из-за затрат на дополнительное технологическое оборудование и повышение пропускной способности инфраструктуры карьера.

Опыт эксплуатации крупных карьеров, в частности, карьеров северного Казахстана, показал, что, не смотря на большие потенциальные возможности этих двух технологий по регулированию режима горных работ с целью снижения затрат на инфраструктуру карьеров и получения экономического эффекта от переноса срока отработки значительных объемов вскрыши, эти технологии, являясь фактически своеобразными системами разработки крутопадающих месторождений, требуют дальнейших исследований, а именно, в вопросах обеспечения возможности своевременной расконсервации построенных ВНБ. В рамках самой теории ВНБ [1, 2, 3] эта важнейшая часть теории, которая должна была обеспечить реализуемость технологии в практике работы действующих горных предприятий, рассмотрена в ограниченном масштабе на примере относительно маломощных карьеров.

Экономическая эффективность технологии строительства ВНБ и поэтапной разработки месторождений должна возрастать при использовании этих технологий на крупных, мощных карьерах. Но эксплуатация таких карьеров производится с использованием комбинированного транспорта. Обычно это комбинация автомобильного и железнодорожного транспорта. Работа комбинированного транспорта требует создания в рабочей зоне карьера перегрузочных пунктов (складов).

Для строительства и размещения наиболее простого насыпного склада (в соответствии с рисунком 1.5) требуется участок фронта горных работ не менее 500 м. Поскольку минимальная высота зоны, обслуживаемая автотранспортом в глубоких карьерах, составляет 80-100 м, то в мощных карьерах для перегрузки горной массы с автомобильного на железнодорожный транспорт требуется от 4 до 7 перегрузочных складов. Для размещения этого числа складов требуется 2000-3500 метров протяженности фронта рабочих уступов (в соответствии с рисунком 1.6). Для современных карьеров при работе в обычном режиме, то есть, без необходимости резкой интенсификации отработки вскрыши, что характерно для расконсервации ВНБ, выделить такую протяженность фронта работ для размещения складов достаточно проблематично.

Использование технологии ВНБ или поэтапная отработка карьеров сопровождаются периодами интенсивной расконсервации ВНБ, которая выполняется с использованием автомобильного транспорта. Объемы законсервированной вскрыши при расконсервации ВНБ грузятся сначала на автомобильный транспорт, доставляются на перегрузочные склады, а затем перегружаются на железнодорожный транспорт.

Для перегрузки дополнительных объемов вскрышных пород, обрабатываемых при расконсервации ВНБ, необходимо построить в карьере дополнительные склады и построить к этим складам железнодорожные тупики от существующей схемы путевого развития карьера.

При недостатке площади для размещения необходимого числа складов их количество в карьере оказывается меньше необходимого в этот период количества. Это приводит к тому, что интенсивность расконсервации ВНБ оказывается ниже требуемой, следствием этого является консервация добычного фронта горных работ на участках расположения ВНБ.

Невозможность значительно увеличить численность перегрузочных складов при расконсервации ВНБ является системным недостатком технологии регулирования режима горных работ, поэтому практически во всех крупных карьерах применение этих технологий сопровождается падением производительности карьеров по полезному ископаемому и консервации значительной части фронта работ.

В рамках технологии ВНБ и поэтапной отработки карьеров не используется временное внутреннее отвалообразование.

С учетом недостатков технологии ВНБ и поэтапной технологии проводились исследования по дальнейшему совершенствованию методов регулирования режима горных работ.

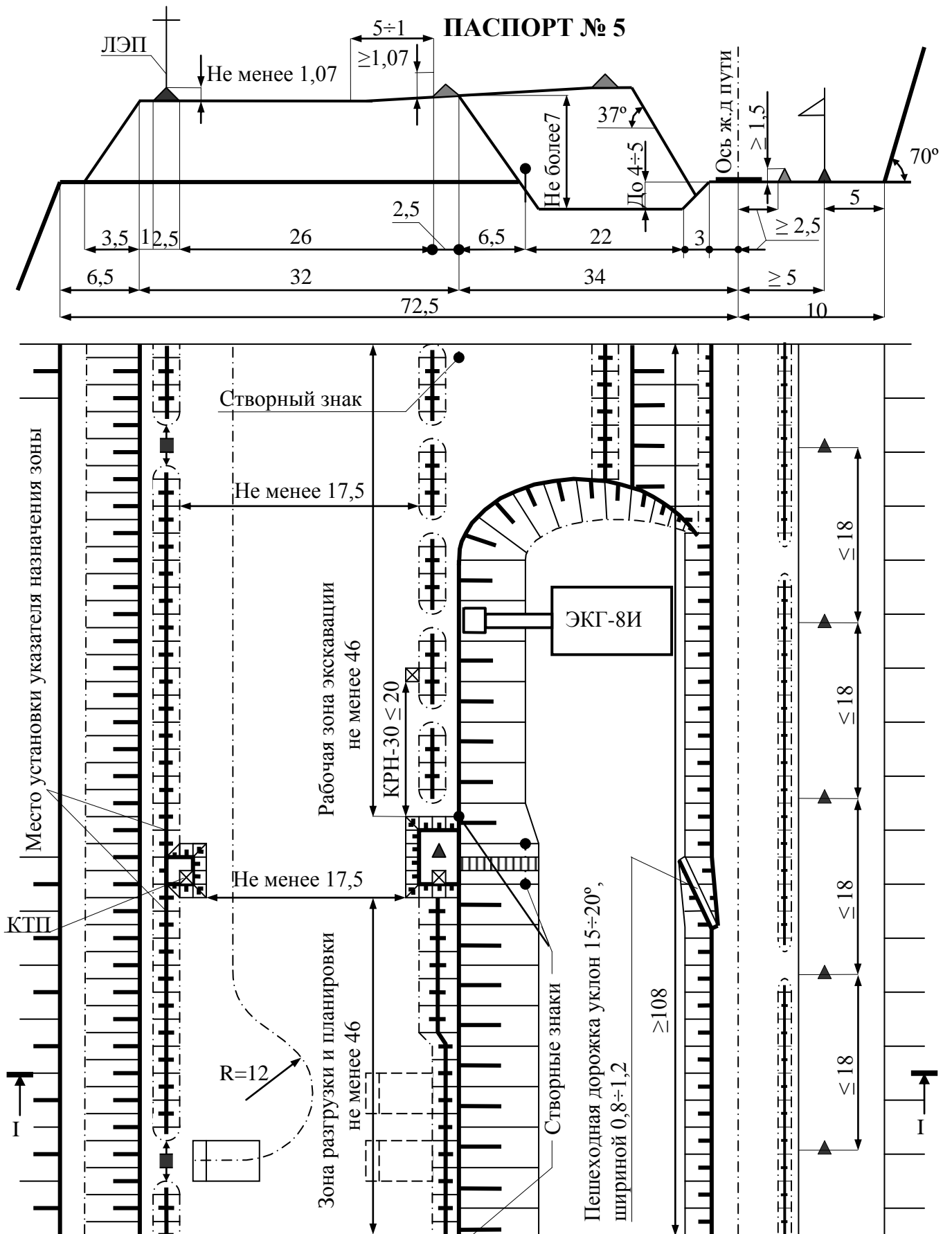


Рисунок 1.5 – Паспорт перегрузочного склада

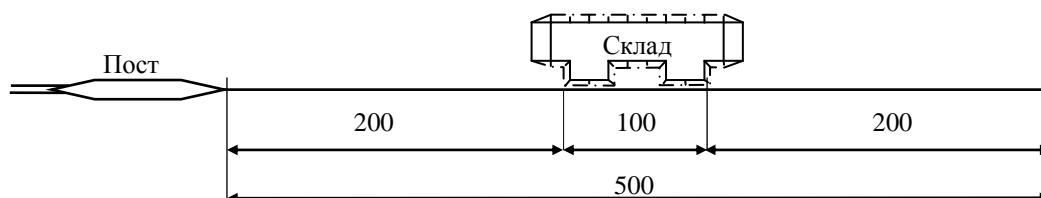


Рисунок 1.6 – Параметры склада и железнодорожного тупика

В результате исследований появились новые системы разработки, которые предусматривали работу с крутыми рабочими бортами, что позволило значительно улучшить режим горных работ за счет крутых рабочих бортов.

Из различных вариантов таких систем разработки следует назвать:

- поперечную систему разработки;
- систему разработки крутыми слоями;
- систему разработки зонами концентрации горных работ;
- систему разработки спиральными слоями.

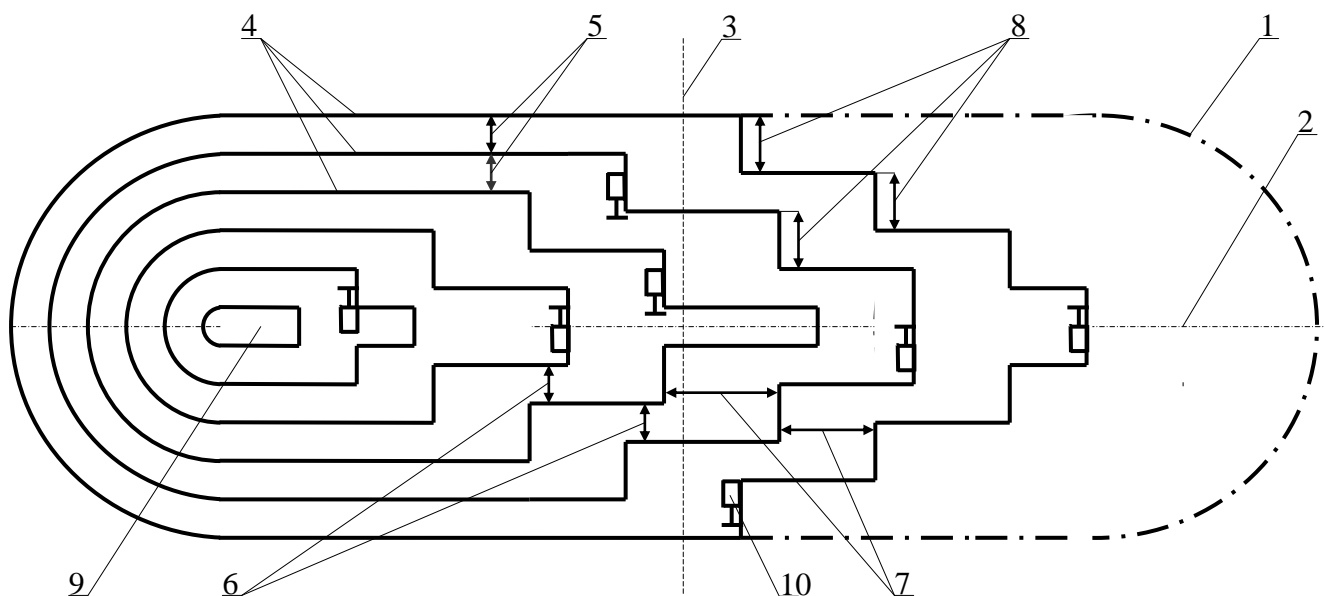
Суть этих систем разработки заключается в том, что рабочие борты имеют углы наклона, близкие к наклону постоянных бортов карьера, или, как минимум, не меньше углов наклона ВНБ.

При поперечной системе разработки карьеров (в соответствии с рисунком 1.7) подготовка новых уступов производится с помощью котлованов, имеющих ограниченные размеры. Углы наклона бортов вкrest простирания залежи достигают значений $\varphi_{p.k} = 28^{\circ} \div 32^{\circ}$, а по простиранию залежи $\varphi_{p.n} = 6^{\circ} \div 8^{\circ}$. В этом случае значительно сокращаются объемы горно-капитальных работ, время строительства карьера.

График режима горных работ при поперечной системе разработки более благоприятный, чем при продольной системе. Поскольку подготовка новых уступов производится с помощью котлованов, имеющих ограниченные размеры, то рост объемов вскрыши на этапах горных работ и, соответственно, производительность карьера по вскрыше увеличиваются значительно медленнее, чем при использовании продольной системы разработки для отработки месторождений.

Если сравнивать календарные графики горных работ для отработки одного месторождения, то расположение пиковых объемов вскрыши на графике для поперечной системы разработки будет смещено на значительно более поздний период, чем при продольной системе разработки, кроме того, и величина пиковых объемов будет значительно меньше, чем в случае с продольной системой разработки. И все это достигается за счет того, что отработка вскрыши выполняется не на всем простирании залежи. Особенно эффективна по этому требованию однобортная поперечная система разработки. Из характеристик системы следует, что объем горно-капитальных работ в этих системах составляет 40-60 % от горно-капитальных объемов вскрыши при отработке аналогичных месторождений с использованием продольной системы разработки.

В известных исследованиях в случае использования поперечной разработки использование временных внутренних отвалов для регулирования календарных графиков не предлагалось. Перспективы реализации такой технологии регулирования режима горных работ есть, но они меньше, чем при продольной системе разработки из-за ограниченности площади рабочей зоны карьера, в которой возможно временное складирование объемов вскрыши.



1 – конечный контур карьера; 2 – длинная ось карьера; 3 – короткая ось карьера; 4 – бровки уступов; 5 – транспортная берма; 6 – рабочая площадка вкрест простирания залежи; 7 – рабочая площадка по простиранию залежи; 8 – длина поперечной заходки; 9 – первоначальный котлован; 10 – экскаватор.

Рисунок 1.7 – Поперечная система разработки

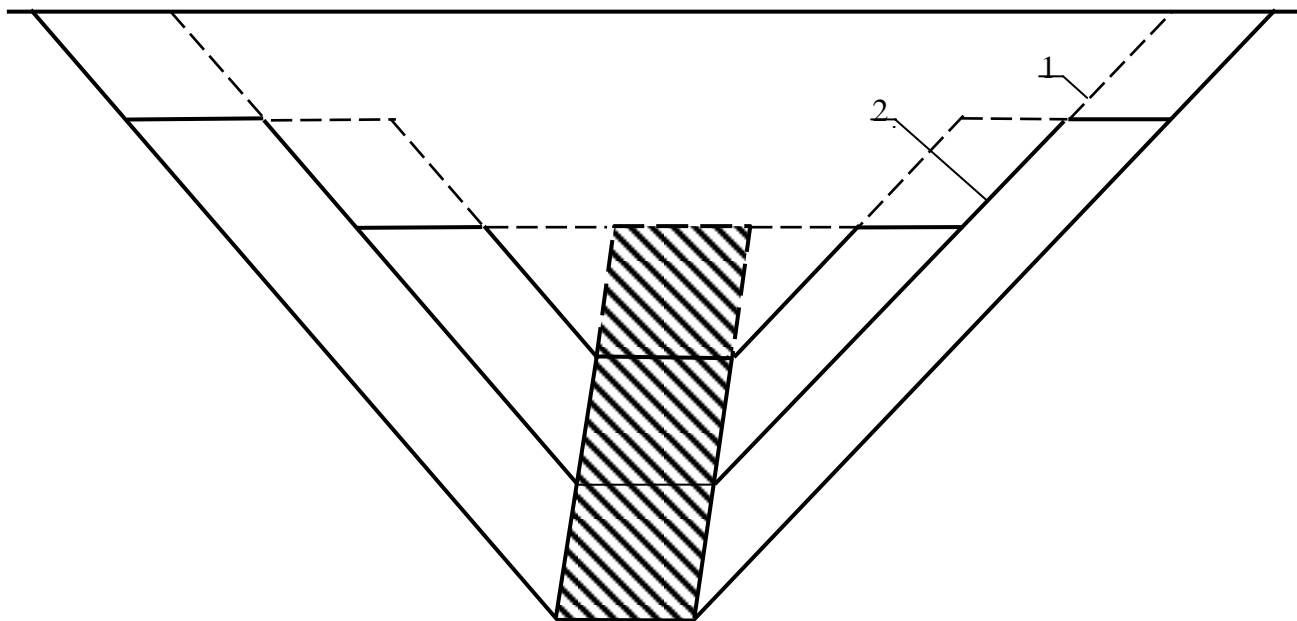
В системах разработки крутыми слоями (в соответствии с рисунком 1.8), зонами концентрации горных работ отработка горной массы производится по-слою сверху вниз до дна карьера отдельными площадками, которые располагаются на разных участках борта карьера или, как в случае разработки спиральными слоями, располагались по спирали, как отдельные рабочие площадки, одна за другой.

Отработка месторождения крутыми слоями с отдельными площадками, крутыми слоями по спирали или зонами концентрации горных работ так же, как и система разработки с поперечными заходками без разрезных траншей, позволяет изменить режим горных работ в лучшую сторону за счет переноса отработки значительных объемов вскрыши на более поздний период времени.

Анализ материалов по параметрам и показателям приведенных систем разработки показал, что у этих систем разработки есть существенные недостатки, а именно: для транспортирования горной массы можно использовать только

автомобильный транспорт, затруднено решение задач усреднения полезного ископаемого и стабилизации его качества, а также решение задачи вскрытия рабочих уступов карьера по мере понижения рабочих площадок.

Совокупность приведенных недостатков новых систем разработок ограничивает их использование на практике при разработке месторождений. В настоящее время на горных предприятиях нашла реальное применение только поперечная разработка без разрезных траншей. Это карьер Медвежий ручей на Кольском полуострове (Россия) при разработке апатитов и при разработке фосфоритов в Казахстане в советский период в объединении “Каратау”.



1, 2 – положение горных работ соответственно на предыдущем и последующих этапах горных работ.

Рисунок 1.8 – Оработка карьера крутыми слоями

Достичь более высокой скорости расконсервации борта и стабилизировать вынимаемые при этом объемы можно с помощью образования насыпной призмы. В качестве примера рассмотрим нерабочий участок борта карьера СК (рисунок 1.9), не имеющий рабочих площадок. При его расконсервации обычным способом горные работы осуществляются сверху вниз. Для постановки всех уступов борта СК в рабочее положение необходимо произвести выемку объемов горной массы в контурах АСК. При этом на каждом уступе формируются рабочие площадки шириной В.

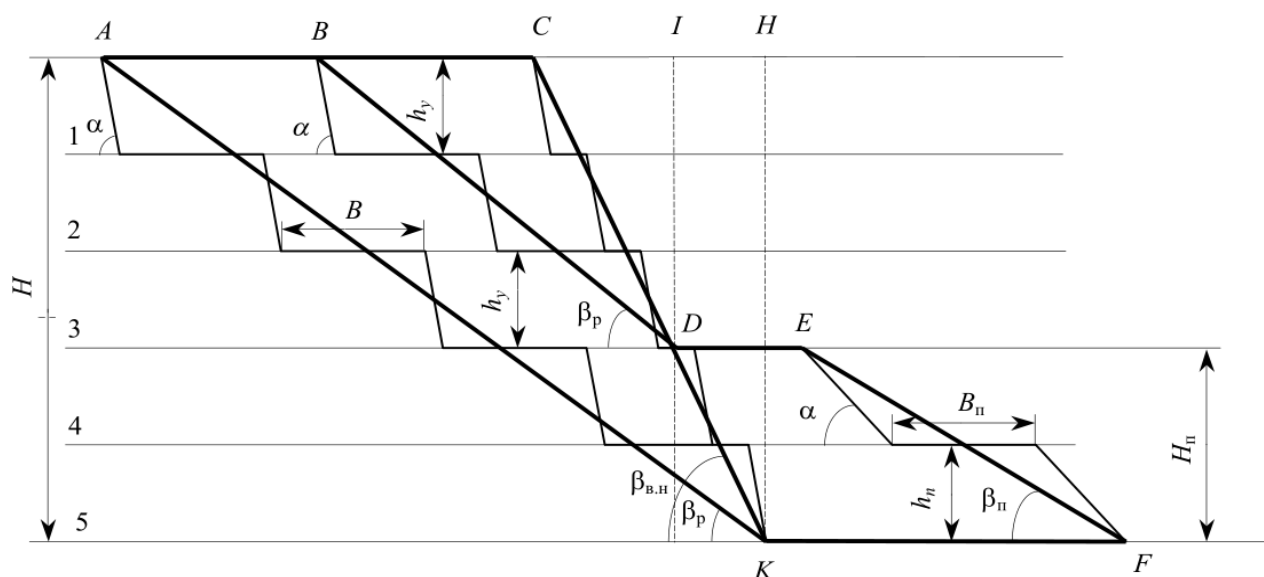


Рисунок 1.9 – Схема расконсервации ВНБ с образованием насыпной призмы

Ускорить приведение борта в рабочее положение и сократить объемы горной массы в начальный период можно за счет его расконсервации с образованием насыпной призмы. Суть идеи состоит в том, что в нижней части законсервированного борта из взорванных пород формируется насыпная призма (рис.1.9). Таким образом, искусственно создается часть борта карьера с необходимыми дополнительными рабочими площадками. Это позволяет размещать горное оборудование на нижних горизонтах, интенсифицировать процесс расконсервации ВНБ, а также обеспечивать транспортный доступ к участку разноса борта. Порядок ведения работ при этом следующий.

В первую очередь отрабатывается объем BCD между фактическим положением борта CDK и контуром BD, отстраиваемом под углом рабочего борта β_p из точки D - точки примыкания насыпной призмы DEFK к линии откоса ВНБ. Положение точки D на линии СК определяется высотой насыпной призмы. Одновременно с выемкой объемов BCD осуществляется строительство насыпной призмы из части этих же пород, обрушаемых в основание целика при взрывании. Расчеты показывают, что доля обрушаемых при взрывании пород в объеме насыпной призмы может достигать 50-60%, что указывает на возможность и целесообразность сооружения из них насыпной призмы.

На втором этапе расконсервации горные работы ведутся в контурах ABDK. На этом этапе разрабатываются и рабочие, расконсервированные на первом этапе работ, и нерасконсервированные уступы, присыпанные призмой. При этом горное оборудование располагается на рабочих площадках, одна часть которых состоит из пород массива, а другая выполнена из насыпных пород. Насыпные породы призмы в ходе разноса нижней части борта экскавируются и транспортируются вместе с породами из массива.

Технология расконсервации ВНБ с образованием насыпной призмы позволяет существенно (до 60 %) сократить объемы горных работ, необходимые для приведения борта в рабочее положение, и более рационально распределять

их во времени. При этом достигается более высокая по сравнению с обычным способом скорость разноса породного борта, что является весьма важным обстоятельством для сохранения уровня производительности по руде в условиях ее дефицита.

Эффективность способа расконсервации борта карьера с образованием насыпной призмы определяется из выражения

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_c - \mathcal{Z}_п, \quad (1.5)$$

где \mathcal{E}_c - экономический эффект от сокращения вскрышных работ на первом этапе;

$\mathcal{Z}_п$ - затраты на создание и обработку насыпной призмы;

$$\mathcal{E}_c = (V_0 - V_{пр}) \cdot C_в = \Delta V \cdot C_в, \quad (1.6)$$

где V_0 - объем работ при обычном способе разноса (АСК), м³;

$V_{пр}$ - объем работ при разносе борта с образованием насыпной призмы (BCD), м³;

ΔV - объемы, сэкономленные на первом этапе работ (ABDK), м³;

$C_в$ - себестоимость вскрышных работ, тенге/м³.

$$\mathcal{Z}_п = V_п C_п, \quad (1.7)$$

где $V_п$ - объем насыпной призмы, м³;

$C_п$ - удельные затраты на создание и обработку насыпной призмы, тенге/м³.

При рассмотрении треугольников АНК и СНК (рис.1) можно определить объем работ, необходимый для разноса борта обычным способом

$$V_o = \frac{H^2}{2} (ctg \beta_p - ctg \beta_{e.n}), \quad (1.8)$$

где H - высота временно нерабочего борта, м;

β_p - угол откоса рабочего борта, град.;

$\beta_{e.n}$ - угол откоса временно нерабочего борта, град.

Объем работ в контурах BCD определяется из треугольников VID и CID

$$V_{пр} = \frac{(H - H_n)^2}{2} (ctg \beta_p - ctg \beta_{e.n}), \quad (1.9)$$

Зная V_0 и $V_{пр}$, можно определить

$$\Delta V = V_o - V_{np} = \frac{H_n^2}{2} (2H - H_n) \cdot (\operatorname{ctg} \beta_p - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}), \quad (1.10)$$

Объем насыпной призмы DEFK определим следующим образом

$$V_n = \frac{H_n}{2} [H_n \cdot (\operatorname{ctg} \beta_n - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) + 2B_n], \quad (1.11)$$

где H_n - высота насыпной призмы;

β_n – угол откоса насыпной призмы, град.;

B_n – ширина площадки насыпной призмы, м.

Экономическая эффективность применения способа двухэтапной расконсервации ВНБ в зависимости от высоты насыпной призмы определяется из выражения (1.5) с учетом формул (1.6), (1.7), (1.10) и (1.11):

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \{ H_n \cdot C_\epsilon \cdot (2H - H_n) \cdot (\operatorname{ctg} \beta_p - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) - H_n \cdot C_n [H_n \cdot (\operatorname{ctg} \beta_n - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) + 2B_n] \}, \quad (1.12)$$

Приравняв полученное выражение к нулю, найдем максимальную высоту насыпной призмы, при которой оба способа расконсервации борта являются равносильными, т.е. экономическая эффективность двухэтапной расконсервации борта равна нулю. Для этого преобразуем формулу (1.12)

$$H_{n.max} = \frac{2H \cdot C_\epsilon (\operatorname{ctg} \beta_p - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) - 2B_n \cdot C_n}{C_n (\operatorname{ctg} \beta_n - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) + C_\epsilon (\operatorname{ctg} \beta_p - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n})}, \quad (1.13)$$

Дальнейшая задача сводится к определению экстремума функции (1.13), нахождению оптимальной высоты насыпной призмы, обеспечивающей наибольшую эффективность. Для этого продифференцируем выражение (1.13)

$$H_{n.opt} = \frac{H \cdot C_\epsilon (\operatorname{ctg} \beta_p - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) - B_n \cdot C_n}{C_n (\operatorname{ctg} \beta_n - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n}) + C_\epsilon (\operatorname{ctg} \beta_p - \operatorname{ctg} \beta_{\epsilon.n})}, \quad (1.14)$$

Полученная зависимость дает возможность рассчитать высоту насыпной призмы из условия достижения максимальной экономической эффективности. Как показало исследование функции (2.19), она имеет один гладкий экстремум (максимум).

1.3 Сокращение длины активного фронта работ уступов при оставлении на остальных участках фронта минимальных рабочих площадок.

Сокращение действующей части рабочей зоны, как в плане, так и по высоте осуществляется за счет временной остановки работ на части фронта группы уступов и последующего чередования участков отработки. Этот способ применяют при разработке мощных крутопадающих залежей по достижении карьером глубины 80÷120 м и более. Способ связан с необходимостью полустационарного размещения перегрузочных пунктов при применении комбинированного автомобильно-железнодорожного транспорта. С целью сокращения расстояния перевозок автомобильным транспортом на мощных карьерах на рабочих бортах располагают до 4÷7 перегрузочных пунктов (рисунок 2.12), Продолжительность их использования составляет 1÷3 года. При этом временно консервируется 30÷50 % общей длины добычного фронта и до 20÷30 % общей длины вскрышного фронта. Чередование работ в плане и по высоте рабочей зоны вызывает необходимость интенсивного углубления работ на отдельных участках карьерного поля.

Сокращение действующей части рабочей зоны может быть достигнуто также за счет чередования работ на смежных по глубине уступах посредством сокращения ширины рабочей площадки. При уменьшении ширины рабочей площадки с 40÷60 м до бермы шириной 10÷20 м и обычной скорости поджигания фронта 40÷70 м/год период поочередной работы устанавливают в пределах 0,5÷1 года.

Нужную протяженность фронта вскрышных работ и постоянство фронта добычных работ можно обеспечить уменьшением числа одновременно отрабатываемых уступов до 2÷3 при ведении работ на средних и глубоких горизонтах. В пределах отработанной зоны карьера по отстроенному постоянному или временно законсервированному борту может быть проложена спиральная трасса. Вскрытие двух-трех уступов осуществляют исключительно скользящими съездами, что способствует созданию лучших условий для раздельной разработки.

Естественно, возможно одновременное применение и двух-трех рассмотренных способов регулирования размеров рабочей зоны карьера. При этом следует ставить задачу не только добиться необходимого режима горных работ, но и повысить надежность транспортных связей глубоких горизонтов при комбинированном транспорте.

Во всех случаях сокращение действующей части рабочей зоны карьера (при полном ее развитии) улучшает показатели использования экскавационных машин и средств транспорта за счет концентрации горных работ.

1.4 Увеличение углов откосов рабочих бортов или рабочей зоны на разных этапах разработки месторождения.

Это может быть достигнуто направленным изменением элементов системы разработки или применением, где это возможно, мобильных видов транспорта.

Так, в начальный период, когда можно форсировать вскрышные работы с целью усреднения их годовых объемов в будущем и создания вскрытых запасов, не следует увеличивать высоту уступов на верхних горизонтах карьера. Резерв заранее выполненных вскрышных работ дает возможность в последующие годы замедлить или даже временно приостановить работы на этих горизонтах и вести добычные работы за счет увеличения углов откосов рабочих бортов.

Можно также планировать работу с минимально возможными размерами рабочих площадок и увеличенными высотами уступов.

Поочередное вовлечение в разработку участков месторождения с минимальными коэффициентами вскрыши и последующим их объединением.

Такой способ применим при разработке протяженных залежей значительных размеров по площади со сложной структурой.

1.5 Применение рациональных вариантов вскрытия

Применение варианта вскрытия, позволяющего снизить пиковые объемы вскрышных работ. Важнейшее значение здесь имеют способ вскрытия, местоположение и стационарность вскрывающих выработок.

Вскрытие рабочих горизонтов полустационарными и скользящими трассами позволяет регулировать объемы вскрышных работ во времени в достаточно широких пределах, сокращать сроки подготовки новых горизонтов в период строительства.

Напротив, вскрытие крутопадающих залежей стационарными съездами, сразу располагаемыми в конечном положении, существенно увеличивает объемы вскрышных работ в период строительства и наращивания производительности карьера.

Возможность сокращения объемов горно-строительных работ и сроков строительства карьеров особенно важно учитывать при проектировании карьеров по разработке месторождений с большой мощностью покрывающих пород. В таких случаях при выборе направления развития горных работ вскрывающие выработки располагают, возможно, ближе к выходам залежей. Внутренние наклонные траншеи при этом не стационарны.

Перечисленные технологические способы регулирования режима горных работ характеризуются сокращением контуров отработки в течение определенного календарного периода за счет увеличения угла откоса рабочих бортов карьера или совокупности участков рабочих и временно нерабочих бортов. Для их реализации создают резервы повышения интенсивности ведения горных работ для ускоренного разноса временных бортов.

Ряд способов затрудняет формирование необходимого объема подготовленных к выемке запасов полезного ископаемого, усиливает зависимость работ на смежных горизонтах или их группах.

В качестве технических средств регулирования режима горных работ может быть рекомендовано более широкое применение автотранспорта. На глубоких мощных карьерах для выполнения больших объемов горных работ можно предусматривать применение железнодорожного и конвейерного транспорта.

Во всех случаях регулирование режима горных работ, осуществляемое за счет изменения скорости развития уступов на верхних горизонтах или за счет изменения порядка их вскрытия и подготовки, или другими аналогичными способами, фактически означает изменение направления развития работ или принятой исходной характеристики бортов карьера (в первую очередь угла их наклона). Поэтому для этих измененных условий построение графиков горно-геометрического анализа, их трансформация и регулирование должны быть проведены заново.

В конечном итоге получают рациональный календарный график горных работ, который показывает объемы и сроки выполнения вскрышных и добычных работ и, в определенной степени, места выполнения этих работ в карьере.

Следует подчеркнуть, что приведенные методы выбора рационального направления развития работ в карьере были разработаны ранее, когда отсутствовали современные средства обработки информации.

В настоящее время при проектировании карьеров и при планировании работы горных предприятий широко применяют пакеты компьютерных программ, позволяющие в интерактивном режиме в кратчайшие сроки исследовать большое число вариантов развития работ и получать необходимую техническую документацию.

2 Обоснование возможности регулирования режима горных работ за счет применения технологии размещения части объемов вскрыши во временных отвалах в карьере

Из анализа современной технологии ведения открытых горных работ на крупных карьерах, многие из которых находятся на этапах доработки, прослеживается тенденция постоянного усложнения горнотехнических условий их эксплуатации. Но это не единственная проблема, которая усложняет планирование горных работ и эксплуатацию таких карьеров [7].

Наряду с техническими сложностями, связанными с формированием сложной транспортной схемы на базе комбинированного транспорта, необходимостью поддержания длины вскрышного и добычного фронта при условии его закономерного сокращения, планового объема готовых к выемке запасов руды, обеспечения проектных параметров и показателей системы разработки, есть дополнительные проблемы, связанные с экономическими условиями. При эксплуатации больших карьеров со сложной инфраструктурой экономические проблемы связаны как с внутренними, так и внешними факторами.

Внутренними проблемами являются необходимость обновления транспортного, добычного оборудования, изменение его типоразмера в сторону увеличения, связанного с увеличением плеча транспортирования, иногда и технологии разработки вследствие изменяющихся горно-геологических условий, связанные с этим изыскательские и проектные работы [8].

На фоне этого присутствуют внешние экономические факторы, которые в условиях рыночной экономики определяют уровень цен на продукцию горных предприятий и спрос на нее. Нестабильность внешних экономических показателей вносит свои коррективы в показатели горных предприятий, в календарный план горных работ.

При высокой цене на продукцию предприятие старается извлекать больше руды для максимизации прибыли от реализации, при этом управляющие компании в погоне за прибылью снижают план на отработку вскрыши, в результате чего впоследствии складывается отставание по вскрышным работам, что требует дополнительных затрат в будущем, иногда через значительное время.

Снижение цены и падение спроса приводит к ситуациям, когда предприятия работают на грани себестоимости и для сохранения минимальной прибыли также вынуждены корректировать календарный план отработки вскрышных пород в сторону сокращения текущих объемов, что впоследствии приводит к необходимости работать с повышенным текущим коэффициентом вскрыши.

Долгое время применявшаяся технология временно-нерабочих бортов, которая успешно себя зарекомендовала для регулирования режима горных работ, во многих карьерах не может быть применена, так как на настоящий момент имеет место большое отставание вскрышных работ, исчисляемое десятками тысяч кубических метров и более. Предлагаемая технология должна позволить в процессе эксплуатации больших и средних карьеров более гибко пере-

распределять оперативные объемы вскрыши с возможностью относительно быстрого возврата в работу останавливаемой части борта и возвращение карьера к нормальному режиму эксплуатации [9].

Комплексные технические и экономические факторы формируют определенные требования к проектируемой технологии временных внутренних отвалов.

Временный внутренний отвал является временным инженерно-техническим сооружением в пределах работающего карьера, предназначенный для решения конкретных задач по кратковременному снижению себестоимости и затем быть ликвидированным. В связи с этим можно сформировать общие требования, предъявляемые к технологии временного внутреннего отвалообразования.

Поскольку это – временная мера, внутренний отвал не должен сдерживать развитие горных работ в соответствии с проектом отработки месторождения [10]. Разницу составляет только то, что часть объемов не вывозится на поверхность, а временно складывается в пределах карьера для вывоза во внешний отвал в более поздний период. Соответственно, временный отвал не может перекрывать рабочую зону в той ее части, где предусматривается отработка объемов руды и вскрыши в соответствии с календарным планом горных работ и направлением развития горных работ. Формирование временного отвала и его ликвидация не должны приводить к изменению проектных решений по границам отработки, вскрытию и порядку отработки месторождения. Технология не должна влиять на общие параметры и показатели системы разработки карьера.

Размещение внутреннего отвала в действующем карьере при соблюдении этих условий концептуально возможно на участках, прилегающих к зонам с постоянными транспортными коммуникациями или коммуникациями с длительным сроком использования. То есть, развитие таких зон сдерживается другими объективными факторами, либо борт здесь уже находится в конечном положении. Такими участками могут быть: направления вскрытия участков карьера капитальными железнодорожными траншеями, зоны, расположенные ниже мест размещения внутрикарьерных станций или перегрузочных пунктов, стационарных и полустационарных электрических тяговых подстанций. Схематичное расположение внутреннего отвала в условном карьере приведено в соответствии с рисунком 2.1.

Если карьер имеет значительную длину простирания и при этом одна из его частей, исходя из требований к качеству полезного ископаемого, обеспечению планового объема добычи и другим технико-экономическим показателям, может развиваться более интенсивно, то для временного отвала может быть использована та часть, разработка которой ведется менее интенсивно. Впоследствии отработанная первая часть может служить для формирования постоянного внутреннего отвала с перемещением в него пород, временно складываемых во временном отвале, либо вскрыши соответствующего периода, если время отработки временного отвала наступает раньше (в соответствии с рисунком 2.2).

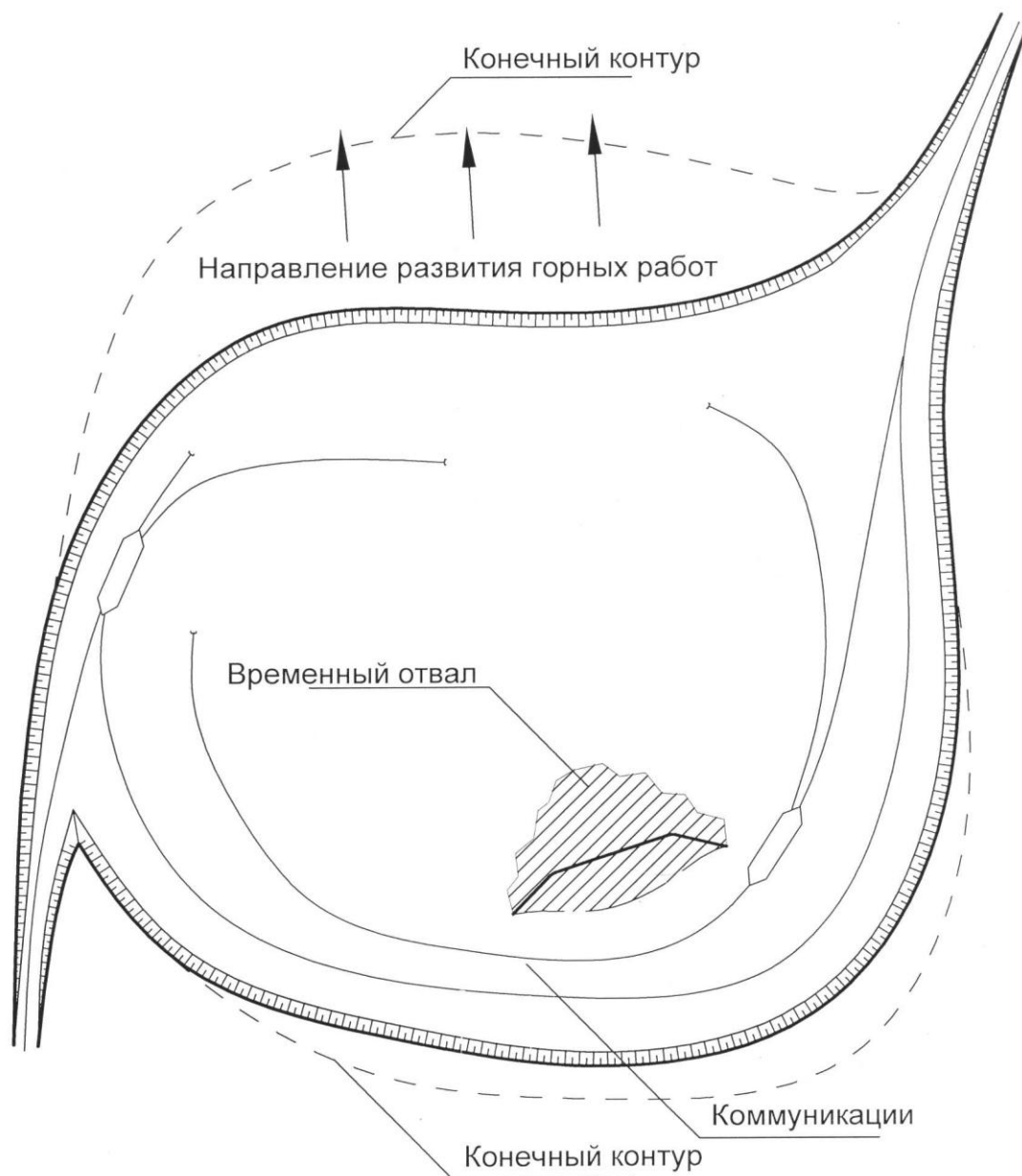


Рисунок 2.1 – Схематичное расположение внутреннего отвала в условном карьере

Первоначальные требования к формированию внутреннего отвала связаны также, прежде всего, с технической возможностью его размещения. Эти требования обусловлены площадными, геометрическими параметрами карьерного пространства, факторами устойчивости бортов карьера.

При необходимости формирования внутрикарьерного отвала значительного объема под его размещение требуются значительные площади, которые не должны нарушать технологический процесс производства горных работ. При наличии стесненных условий в карьерном пространстве при отработке залежей с большим углом падения и ограниченной горизонтальной мощностью это может быть сложной задачей, где традиционные подходы к формированию отвальной насыпи будут не пригодны.

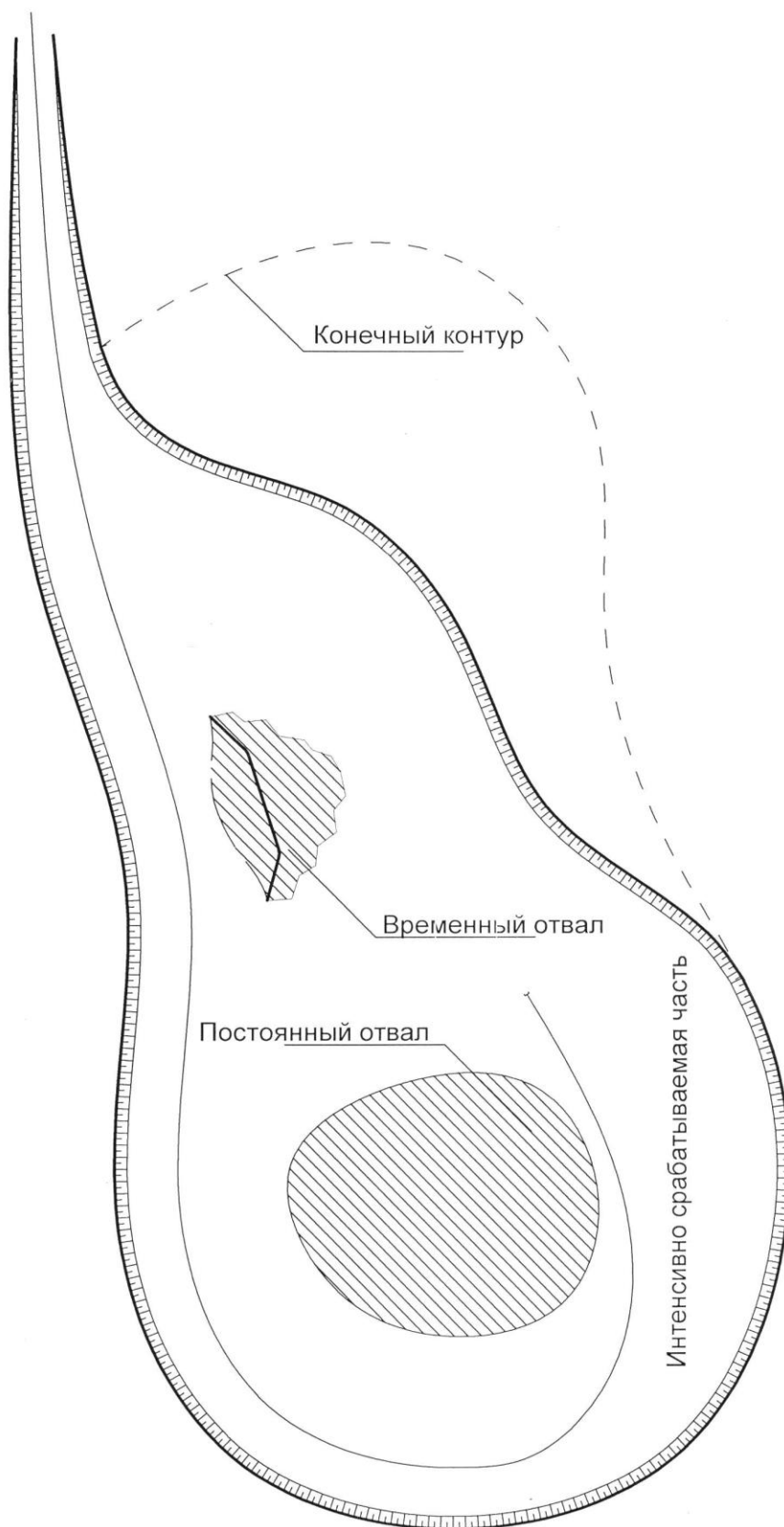


Рисунок 2.2 – Схематичное расположение внутреннего отвала в условном карьере при отработке части карьера с большей интенсивностью

Формирование отвала, скорее всего, должно происходить по тому же принципу, что и отсыпка приступных складов (в соответствии с рисунком 2.3),

но при этом принципиальное отличие состоит в необходимости укладки значительного объема породы на продолжительное время. Для получения экономического эффекта и возможности использования временного внутреннего отвала, как инструмента регулирования режима горных работ, его емкость должна быть соизмерима с производительностью карьера по вскрыше за продолжительный период. Предположительно, объем временно складированной горной массы может составлять до 3-5 млн. м³ для карьеров с производительностью по руде 5-15 млн. т/год.

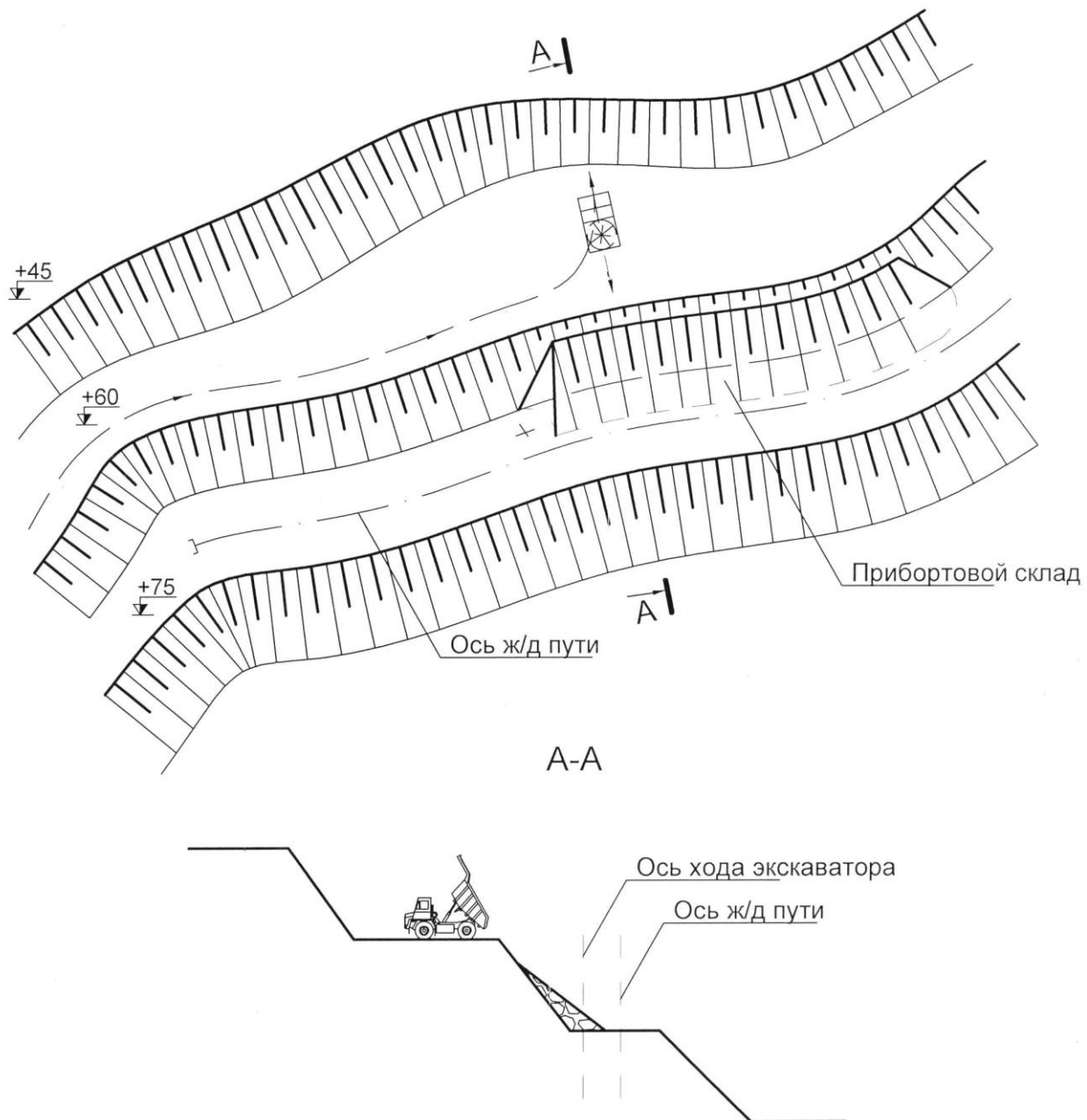


Рисунок 2.3 - Приступный внутрикарьерный перегрузочный склад

Приступные склады успешно применялись длительное время на карьерах АО «ССГПО». Они позволяют выполнять перегрузку горной массы в огра-

ниченном пространстве карьера, для их формирования не требуется больших площадок. С точки зрения разрабатываемой тематики практика применения и технология формирования таких складов может быть интересна при формировании «пионерной» площадки, которая необходима для создания первоначального отвального фронта с зоной разгрузки самосвалов и работы бульдозера. Технология формирования приуступных складов предполагает разгрузку самосвалов непосредственно у бровки без применения бульдозера, при этом используется специальный упор для задних колес, выполненный из металлической или железобетонной конструкции, исключающий сваливание самосвала под откос (в соответствии с рисунком 2.4). Такая технология позволяет начать отсыпку на минимальной площадке без применения бульдозера, маневры которого ограничены в таких условиях.

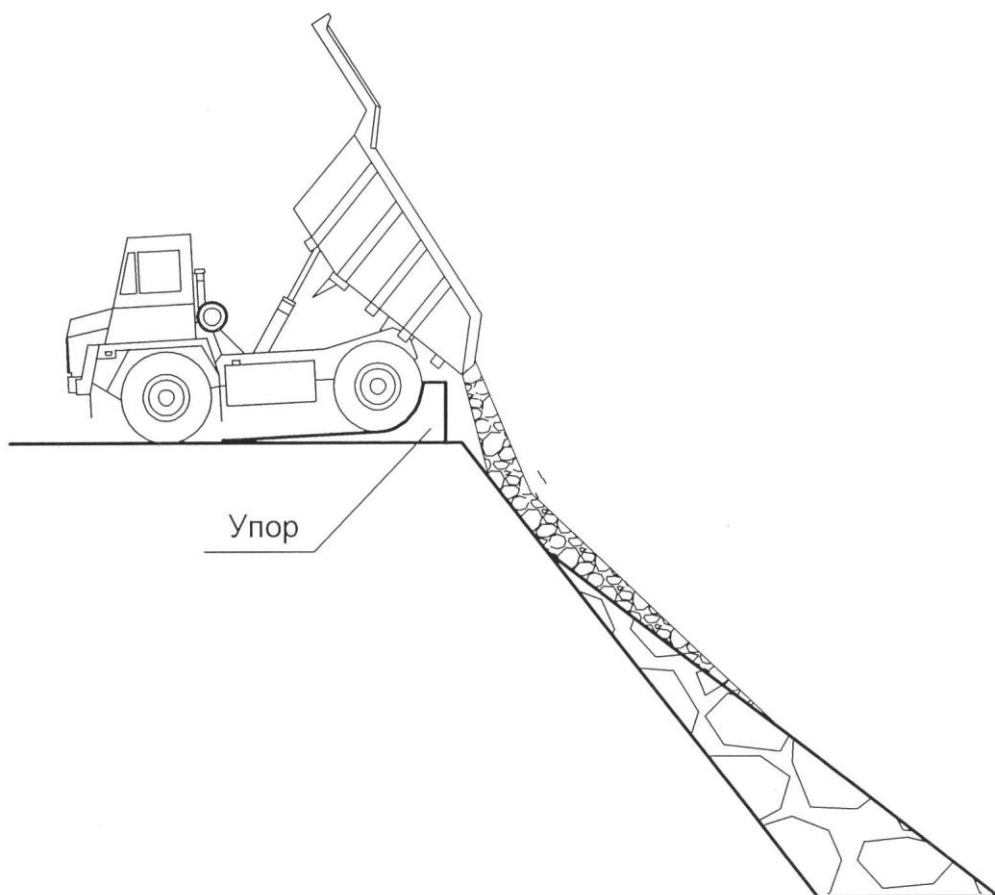


Рисунок 2.4 – Разгрузка самосвала под откос без зачистки бульдозером, с применением упора

Имея ввиду то обстоятельство, что отвал, имея значительные объемы, в последствии должен быть ликвидирован, предъявляется дополнительное требование к его форме, связанное с тем, что он должен быть технологически обрабатываемым. То есть, его форма, углы откоса и высота ярусов, размеры площадок должны обеспечивать впоследствии техническую возможность его отработать по стандартной технологии без ее изменения, имеющимся оборудованием, без привлечения дополнительных средств механизации и разработки специаль-

ных методов. Исходя из этого, параметры внутреннего отвала предположительно должны быть близкими к параметрам рабочего борта с минимальными площадками, обеспечивающими начало работы оборудования на уступе.

Фактор устойчивости борта имеет большое значение в ракурсе возможности размещения на нем временного отвала. При значительном объемном весе скальных горных пород – 2,2-2,8 т/м³, объем в 3-5 млн. м³ представляет собой значительную сдвигающую силу. Это предъявляет особые требования к форме отвала, обеспечивающей равномерное распределение нагрузки по уступам, порядку отсыпки ярусов, проведению комплекса изыскательских работ по определению степени устойчивости борта в первоначальном состоянии и при отсыпке внутреннего отвала с проектными параметрами с учетом времени существования отвала.

Внутренний отвал при выборе соответствующего места расположения может являться стабилизирующим фактором при наличии в карьере зон с неустойчивым положением бортов. Как известно, классический механизм сдвижения горной массы при потере устойчивости уступов подчиняется определенным законам. Устойчивое состояние уступа, группы уступов, или же значительной части борта карьера определяется соотношением удерживающих и сдвигающих сил, действующих в массиве. Образование призмы обрушения начинается с вертикального закола на верхней площадке и последующего формирования кругло-цилиндрической поверхности скольжения до подошвы неустойчивой части массива, вдоль которой происходит отрыв и сдвижение горной массы.

Такие явления не редки при отработке крупных карьеров, борта которых сложены в верхней части значительной толщиной покрывающих пород, в значительной части рыхлых, но с прослоями довольно плотных, на первый взгляд, устойчивых пород. Такая неоднородность массива создает сложности как при отработке, так и при проектировании и строительстве инженерных коммуникаций.

Одним из известных способов повышения устойчивости породного массива является пригрузка борта в нижней части, у подошвы неустойчивого массива. При наличии в карьере таких неустойчивых зон с первичными признаками напряженно-деформированного состояния или на участках борта, где уже проявляются деформационные явления, возможно эффективное использование временного внутреннего отвала в качестве пригруза основания неустойчивой части породного массива. В этом случае временный отвал работает в качестве упора, препятствующего сдвижению горной массы (в соответствии с рисунком 2.5). Такое решение может позволить временно (на время существования отвала) повысить устойчивость борта, что, в свою очередь, позволит ликвидировать деформации путем их сработки и постановки борта в конечное положение.

Вместе с тем, параметры и емкость отвала должны обеспечивать устойчивое состояние нижележащей части борта, так как, если для верхних уступов отвал является пригрузом, то располагаясь на верхних площадках нижележащего массива, он увеличивает сдвигающую силу.

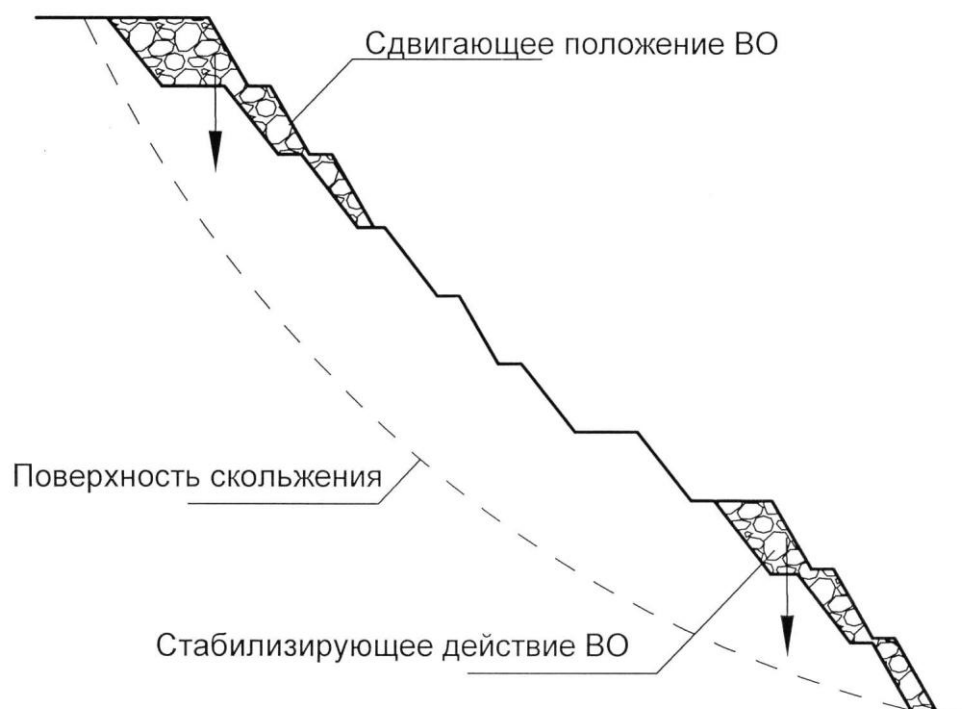


Рисунок 2.5 – Влияние места расположения временного склада на устойчивость борта

Этот момент в некоторых случаях не будет являться критичным при соблюдении технологии отработки месторождения, предусмотренной проектными решениями. Как уже говорилось, нестабильными с точки зрения устойчивости является, в основном, верхняя толща покрывающих пород с разнородным составом и кора выветривания палеозойского комплекса пород на контакте с ними. Нижние горизонты карьеров сложены преимущественно скальными и полускальными породами, не склонными к деформациям, и обладают хорошей несущей способностью и достаточными показателями долговременной устойчивости.

Учитывая стеснённые условия карьера, если формирование отвала предполагается осуществлять на нерабочем борту с минимальными площадками, существует еще одно немаловажное требование к месту расположения.

При наличии узких площадок (предохранительных или даже транспортных берм) невозможно сразу организовать полноценную площадку разгрузки самосвалов. Предохранительные бермы обычно имеют ширину до 15-17 м, транспортные – 30-35 м. Следовательно, для начала формирования отвала в выбранной части карьера может потребоваться первоначальная площадка, соответствующая правилам промышленной безопасности и СНиП при эксплуатации автомобильного транспорта на открытых горных работах. Это предъявляет соответствующие требования к размерам рабочей зоны в месте формирования.

Укладка породы во временный отвал при транспортировке ее автотранспортом по своей технологии будет схожа с бульдозерным отвалообразованием. При такой технологии необходимо, как уже говорилось ранее, сформировать

первоначальный фронт отвальных работ, который представляет собой площадку из трех секций – зон (в соответствии с рисунком 2.6): для разгрузки самосвалов, работы бульдозера и резерва. При небольшой производительности и возможности транспортирования скалы по обычной технологии на скальные перегрузочные склады при «заваливании» зоны разгрузки самосвалов можно отказаться от резервной зоны для уменьшения длины первоначального фронта, в чем может возникнуть необходимость при недостатке пространства. Длина зон обычно составляет 30-50 м, в зависимости от интенсивности подачи самосвалов и применяемого оборудования. Таким образом, длина площадки может составлять 60-100 м. Ширина площадки должна обеспечивать двухполосный заезд – ширина двухполосной дороги для самосвалов грузоподъемностью 90-130 т обычно около 30 метров, и маневрирование самосвала при разгрузке – около 25-30 м для тех же самосвалов.

Далее после отсыпки первоначальной площадки в зависимости от конфигурации борта внутренний отвал может развиваться по стандартной периферийной схеме параллельно борту, либо веерно, если отвал располагается в торце рабочей зоны.

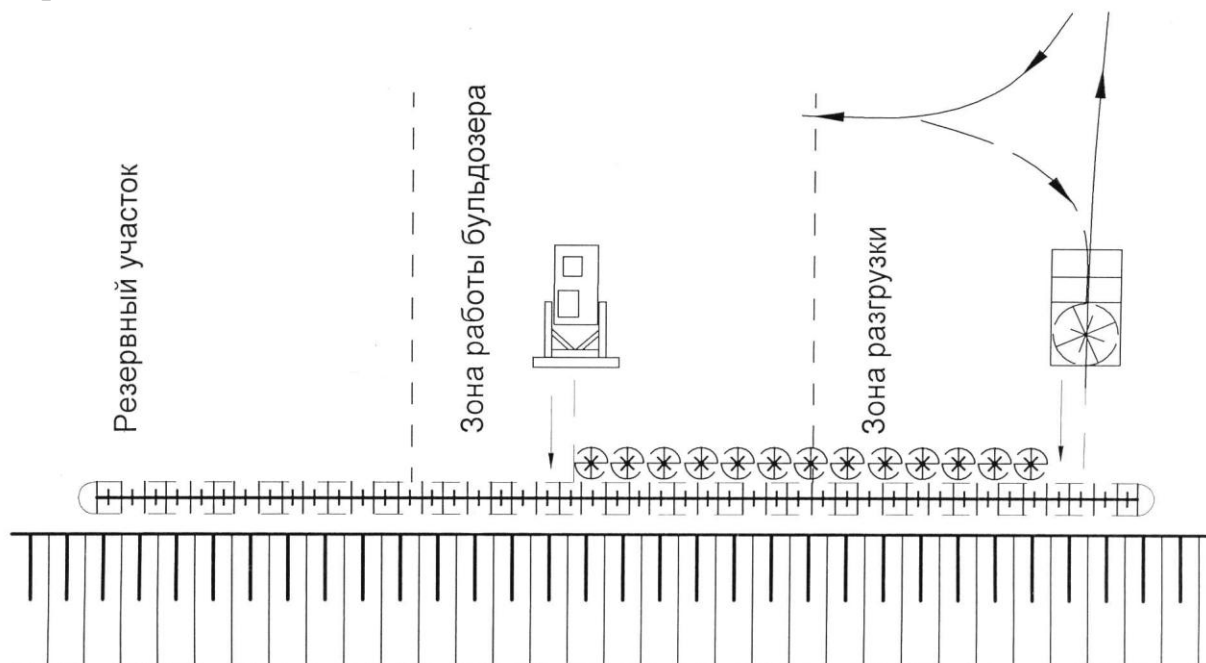


Рисунок 2.6 – Схема отвального фронта при автомобильном отвалообразовании

Отвал может быть одноярусным, если конфигурация карьера позволяет произвести укладку значительного объема пород на одном уступе (в соответствии с рисунком 2.7а). Такое может быть возможно при отработке залежей, имеющих значительное площадное распространение с небольшими углами падения. В реальности такие случаи редки, и для формирования площадки под отвал, скорее всего, потребуется разноска борта, сопоставимая по объему с предполагаемым внутренним отвалом.

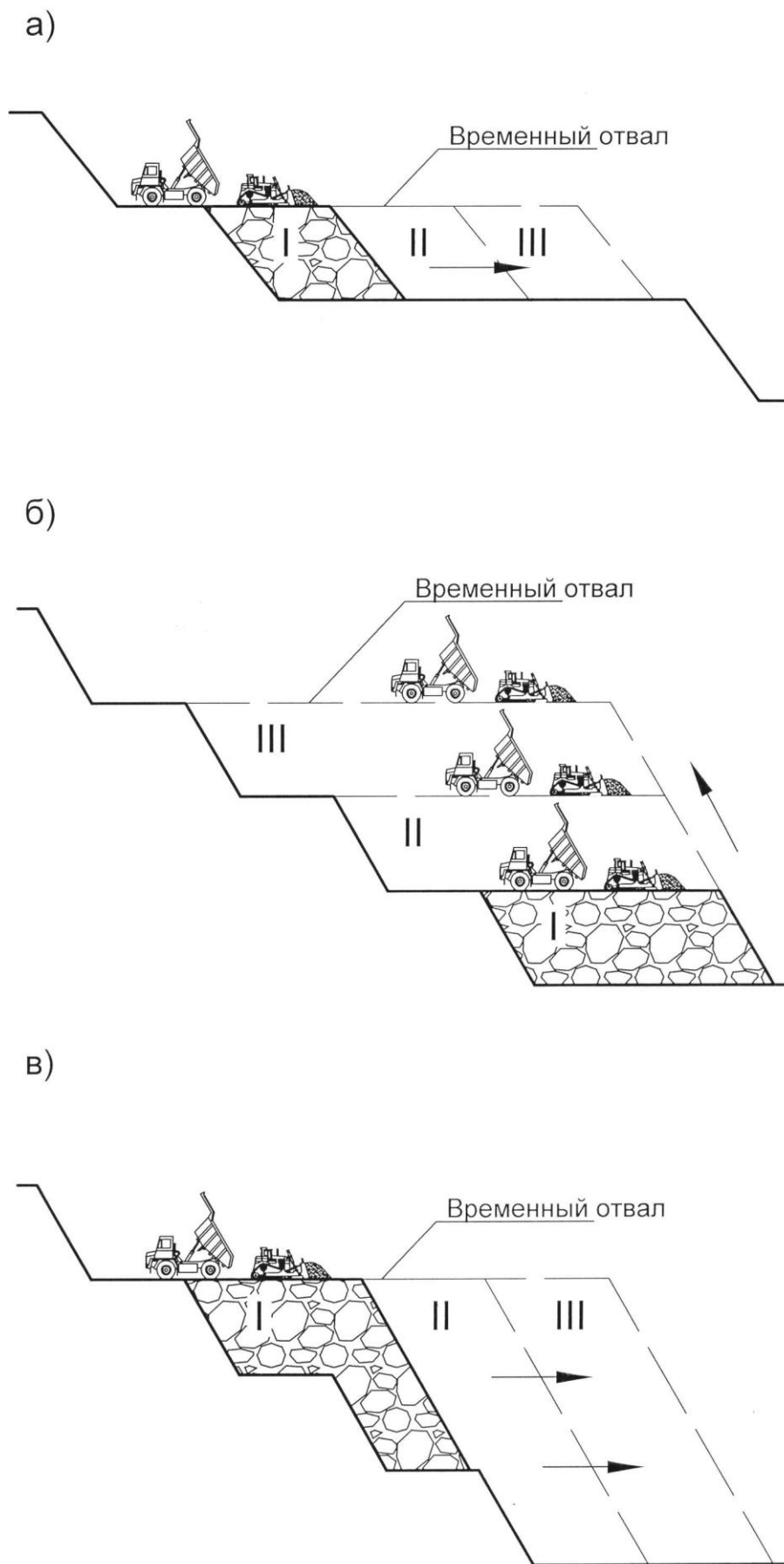


Рисунок 2.7 – Схемы формирования внутреннего отвала

Наиболее приемлемо при отработке крутопадающих месторождений для достижения значительной емкости использовать многоярусный внутренний отвал.

Для обеспечения устойчивости при отсыпке многоярусного временного отвала наиболее безопасно отсыпать его снизу вверх послойно на высоту уступа. После отсыпки первого яруса аналогично происходит формирование следующего яруса: отсыпается первоначальная площадка на следующем ярусе, затем заполняется ярус с оставлением предохранительной бермы на первом ярусе (в соответствии с рисунком 2.7б). Если позволяет устойчивость пород и параметры рабочей зоны, то возможна отсыпка одновременно сдвоенных ярусов при условии, что на борту есть площадки, обеспечивающие начало работы экскаватора для поуступной отработки временного отвала.

В практике отсыпки отвалов на косогорах известны случаи формирования высоких отвальных уступов – 60 м и более. При соблюдении соответствующих правил безопасности и надлежащем мониторинге состояния временного отвала в процессе формирования и в период его последующего существования возможна его отсыпка с верхней площадки по периферийной схеме на всю высоту (в соответствии с рисунком 2.7в). Такая схема обладает определенным преимуществом. Не требуется организация первоначальной площадки на каждом ярусе, точка выгрузки находится постоянно на одной отметке.

Определение конкретного местоположения внутреннего отвала в действующем карьере является не простой задачей. Временный отвал формируется на продолжительное время, его местоположение не должно парализовать работу оборудования, перекрывать существующие транспортные коммуникации и нарушать схему вскрытия карьера, не должно способствовать появлению факторов, снижающих производительность карьера по каким-либо условиям.

На рисунках 2.8 и 2.9 показаны примеры размещения одноярусного и многоярусного внутренних отвалов в карьерном пространстве.

При наличии большого количества коммуникаций, сформированной транспортной схемы и постоянном движении рабочей зоны при выборе места отсыпки требуется учет множества условий.

При отработке больших карьеров одним из значительных факторов, приводящих к увеличению себестоимости, является постоянно увеличивающееся расстояние транспортирования. Обычно при разработке крупных крутопадающих месторождений с большой глубиной залегания используются комбинированные виды транспорта, нижним звеном которых является автомобильный. Автосамосвалы при своей мобильности, способности работать в ограниченных пространствах нижней части рабочей зоны, часто со сложной формой фронта и большой пространственной разрозненности перемещающихся экскаваторных забоев изначально несут концентрационную функцию. При этом расстояние транспортирования не превышает общепринятого рационального предела в 2-2,5 км. Однако, с понижением рабочей зоны расстояние транспортирования до концентрационного горизонта постоянно увеличивается. Автотранспорт в этой

ситуации играет роль не концентратора, а полноценного транспортирующего звена.

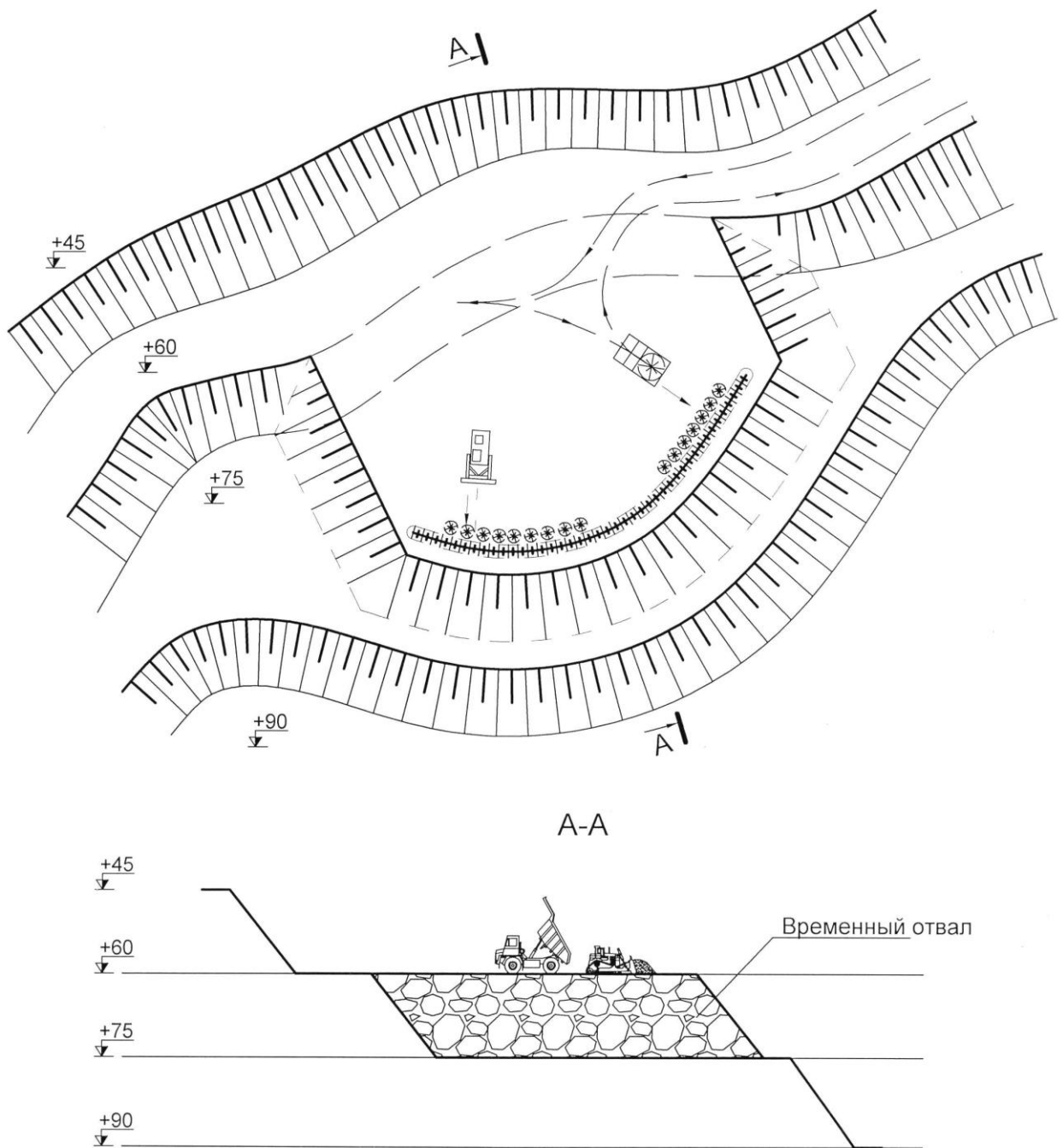


Рисунок 2.8 – Размещение одноярусного внутреннего отвала в карьерном пространстве

Так как одной из основных задач временных внутренних отвалов является максимальное снижение себестоимости продукции в период кризисных явлений, одним из критериев при выборе места расположения склада должно быть минимальное расстояние транспортирования. По опыту эксплуатации карьеров предполагается, что в зависимости от конкретных условий экономически оправданным расстоянием транспортирования при использовании большегрузных самосвалов грузоподъемностью 180-220 т является расстояние 4 км.

При больших значениях длины транспортирования затраты несоизмерно увеличиваются.

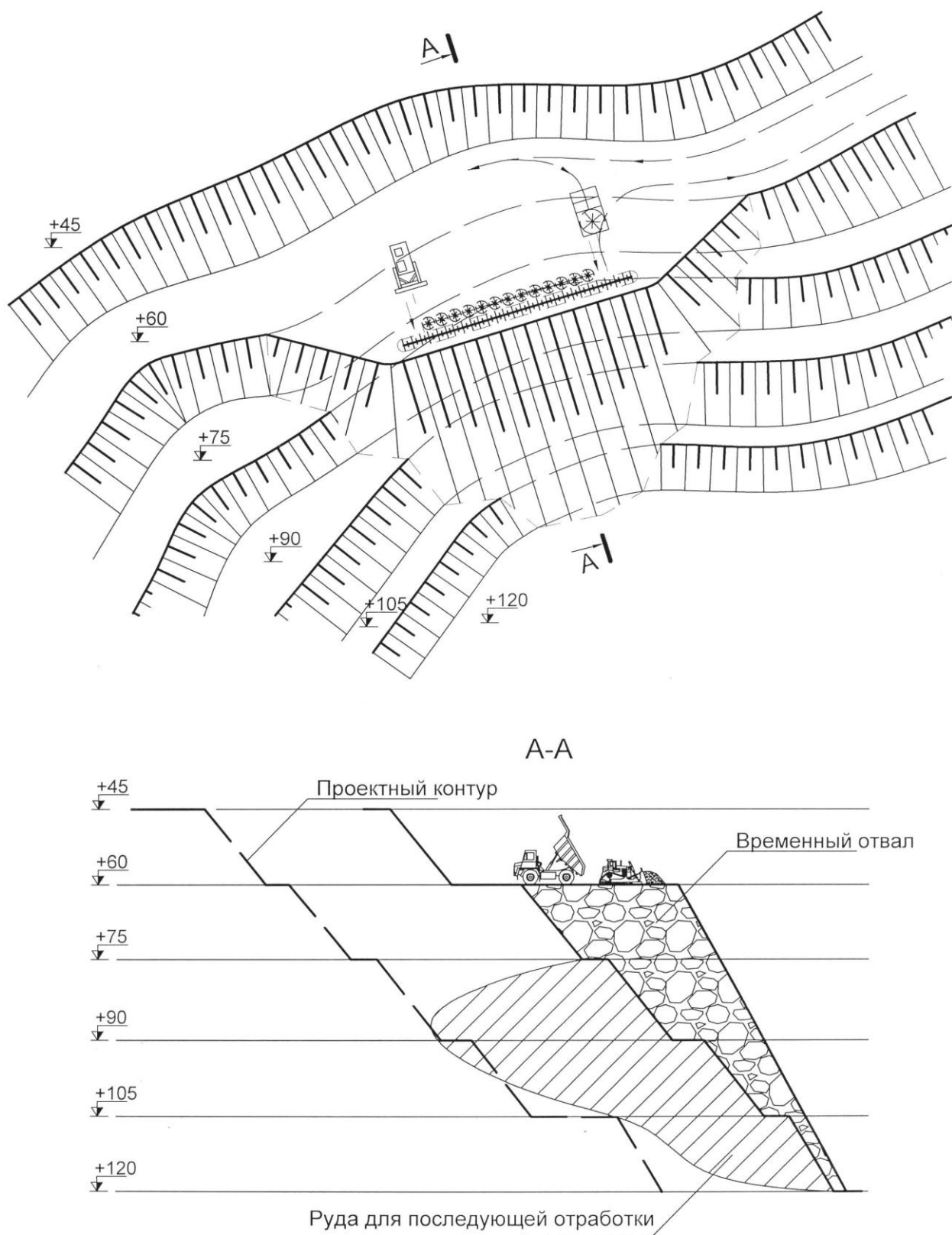


Рисунок 2.9 – Размещение многоярусного внутреннего отвала в карьерном пространстве

При обеспечении минимальных расстояний откатки до временного внутреннего отвала возможно значительное снижение себестоимости и увеличение производительности самосвалов.

Кроме того, еще одно требование к месту положения внутреннего отвала диктуется общепринятыми правилами проектирования внутрикарьерных транспортных схем. Груженные самосвалы не должны транспортировать породу вниз, так как это является ограничением для многих моделей современных самосвалов. Соответственно все планируемые объемы вскрыши должны располагаться ниже горизонта складирования.

При определении места расположения временного внутреннего отвала крайне не желательно расположение под ним балансовых запасов руды или запасов полезных компонентов, пригодных к разработке в ближней перспективе. Это обусловлено тем, что при формировании временный отвал, имеются риски, что он по какой-либо объективной или необъективной причине не будет сработан. . Это может произойти по причине изменения экономической ситуации либо в силу непредвиденных инженерно-технических условий или других причин.

При расположении отвала в таких частях карьера, где имеются неотработанные запасы полезного ископаемого, необходимо при планировании учитывать его объем и экономические убытки, связанные с его потерей. Очевидно, что размер потерь от недоизвлечения и нереализации этих объемов не должен превышать экономической выгоды от укладки пород во внутренний отвал вместо транспортировки на внешний отвал по стандартной схеме.

Кроме того, оставление в недрах запасов пригодного к разработке полезного ископаемого, утвержденных проектом промышленной разработки, недопустимо в соответствии с законодательством и влечет за собой санкции по отношению к недропользователю.

С точки зрения получения экономического эффекта должен быть определен требуемый объем временного внутреннего отвала, обеспечивающий необходимое снижение себестоимости продукции в периоды неблагоприятной экономической ситуации и падения цены. Планируемый объем складирования должен обеспечить требуемую экономию с учетом сокращения расстояния перевозок и временного исключения трудоемких и затратных операций по полноценной укладке породы во внешние отвалы.

Кроме того, принятый объем временного отвала должен быть проверен, исходя из условия его планомерной отработки в относительно короткие сроки с учетом имеющегося оборудования, пропускной способности существующей транспортной схемы. Иначе говоря, прирост объемов по транспортировке породы из временного отвала на внешний при его ликвидации не должен значительно превышать проектные показатели производительности горно-транспортного комплекса карьера. Невыполнение этого требования может привести к невозможности своевременной расконсервации борта и перевода его в рабочее положение, если это предусматривалось изначально.

В связи с этим значительные требования предъявляются к технологии временных внутренних отвалов в части обоснования графиков ввода и вывода вскрыши во внутренний отвал.

Сложной и комплексной экономической задачей является определение пороговой цены на продукцию, при которой целесообразно применение технологии временного внутреннего отвалообразования. Цена должна быть определена с учетом себестоимости продукции, временно получаемой прибыли на предстоящий период и затрат на последующую повторную экскавацию породы из временного отвала.

Следовательно, выдвигается требование к оптимальному объему отвала, обеспечивающему необходимое снижение себестоимости, при этом с возможностью его рентабельной отработки в последующий период.

Кроме того, требуется определение порога цены, при котором становится рентабельно ликвидировать породный склад и транспортировать его во внешний отвал. По сути, экономическая задача сводится к определению «вилки» цены реализации для формирования и ликвидации временного отвала.

На основании определения этих экономических показателей должны определяться четкие временные рамки для формирования отвала и для его ликвидации, на основании которых объемы распределяются по времени, убираются из основного графика на определенный срок, а после планомерно распределяются при ликвидации отвала.

Для обобщения требований, предъявляемых к предлагаемой технологии временных внутренних отвалов, сводим их в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Требования к технологии временных внутренних отвалов

№ п/п	Требования к технологии	Достижимый эффект
1	2	3
1	Технология внутреннего отвалообразования не должна сдерживать развитие горных работ в соответствии с проектом отработки месторождения. Формирование временного отвала и его ликвидация не должны приводить к изменению проектных решений по границам отработки, вскрытию и порядку отработки месторождения	Достижение эффекта происходит без дополнительных затрат времени и средств на переработку действующего проекта
2	Необходимость укладки породы на продолжительное время. Для получения экономического эффекта его емкость должна быть соизмерима с производительностью карьера по вскрыше за продолжительный период	Значительное снижение себестоимости на период неблагоприятной экономической ситуации

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
3	<p>Параметры временного отвала должны обеспечивать впоследствии техническую возможность его отработать по стандартной технологии без ее изменения, имеющимся оборудованием, без привлечения дополнительных средств механизации и разработки специальных методов</p>	<p>Ликвидация отвала по стандартной технологии без привлечения дополнительных затрат на оборудование и изменение технологии</p>
4	<p>Особые требования к форме отвала, обеспечивающей равномерное распределение нагрузки по уступам, порядку отсыпки ярусов, проведению комплекса изыскательских работ по определению степени устойчивости борта в первоначальном состоянии и при отсыпке внутреннего отвала</p>	<p>Исключение техногенных аварий, связанных с потерей устойчивости борта и внутреннего отвала. Снижение рисков простоев оборудования, связанных с ними.</p>
5	<p>При выборе соответствующего места расположения временного внутреннего отвала может являться стабилизирующим фактором при наличии в карьере зон с неустойчивым положением бортов. При наличии таких зон необходимо использовать отвал в качестве пригруза борта</p>	<p>Снижение рисков деформационных явлений</p>
6	<p>Для начала формирования отвала в выбранной части карьера необходимо формирование первоначальной площадки, соответствующей правилам промышленной безопасности и СНиП. Это предъявляет соответствующие требования к размерам рабочей зоны в месте формирования.</p>	<p>Обеспечение фронта работ, соответствующего правилам безопасности</p>
7	<p>Технология не должна способствовать появлению факторов, снижающих производительность карьера по каким-либо условиям.</p>	<p>Сохранение полной производительности в любой момент времени</p>
8	<p>При обеспечении минимальных расстояний откатки до временного внутреннего отвала возможно значительное снижение себестоимости и увеличение производительности самосвалов.</p>	<p>Эффективное использование оборудования. Максимальное снижение себестоимости</p>
9	<p>Груженные самосвалы не должны транспортировать породу вниз</p>	<p>Технические ограничения самосвалов. Исключение повторного дорогостоящего подъема породы</p>

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
10	При определении места расположения временного внутреннего отвала крайне не желательно расположение под ним балансовых запасов руды или запасов полезных компонентов, пригодных к разработке в ближайшей перспективе	Исключение потерь прибыли от реализации
11	Планируемый объем внутреннего отвала должен обеспечить требуемое необходимое снижение себестоимости продукции	Получение соизмеримого экономического эффекта в период снижения цены
12	Принятый объем временного отвала должен быть проверен, исходя из условия его плановой отработки в относительно короткие сроки с учетом имеющегося оборудования, пропускной способности существующей транспортной схемы	Ликвидация отвала без дополнительных капитальных затрат
13	Значительные требования к определению «вилки» цены реализации для формирования и ликвидации временного отвала.	Снижение рисков сдвига во времени значительных объемов вскрыши и впоследствии вынужденная работа с повышенным коэффициентом вскрыши

Исходя из сформулированных требований к технологии временного внутреннего отвалообразования, можно обобщить: для размещения отвала пригодны временно-нерабочие или постоянные участки борта, участки, расположенные ниже зон деформации либо у подошвы массивов, находящихся в неустойчивом состоянии (если таковые имеются), расположенные выше горизонтов погрузки, по возможности в пределах минимальных расстояний транспортирования.

Также, в связи с требованиями к технологии, можно предварительно определить область применения предлагаемой технологии. Объектами применения данной технологии могут быть карьеры со значительной глубиной и крутым падением рудной залежи, где имеются проблемы с ограниченностью рабочей зоны, преимущественно (но не только) находящиеся на этапах эксплуатации или предзатухания с уже сформированной рабочей зоной и участками постоянного борта. По отраслевой принадлежности это, скорее, карьеры черной металлургии, в связи с тем, что их продукция наиболее болезненно реагирует на колебание отпускной цены, так как она существенно ниже, нежели цена

продукции карьеров цветной металлургии и карьеров по добыче драгоценных металлов.

При успешном обосновании применения рассматриваемой технологии для регулирования режима горных работ она может быть использована не единично, а внедрена в эксплуатацию. То есть, при расположении временного отвала на нерабочем борту, он может быть сформирован и отработан полностью или частично, в зависимости от рыночной ситуации. При падении цены он может заполняться, при ее стабилизации – срабатываться. В данном случае возможно его использование как своеобразного буфера-регулятора, заполняемость которого зависит от цены продукции.

В настоящее время нам известны попытки использования похожих технологий на действующих предприятиях. Разрабатываются проекты организации работ на отсыпку внутренних складов вскрыши, проектные организации включают предложения по отсыпке временных складов для действующих горных предприятий.

3 Исследование влияния внутренних отвалов на режим горных работ карьеров

3.1 Оптимизация графика режима горных работ карьеров

Практикой проектирования и многими исследованиями доказано, что экономически целесообразно организовывать работу карьера таким образом, чтобы его производительность по руде и вскрыше выдерживалась постоянной в течение достаточно длительных периодов времени, то есть, чтобы работа в эти периоды характеризовалась постоянными значениями эксплуатационного коэффициента вскрыши. Для крутопадающих залежей первоначальный календарный график, как правило, имеет существенные колебания объемов вскрышных работ по периодам разработки [2].

Поэтому возникает необходимость его выравнивания и приведения к определенному виду – рациональному календарному графику, работа по которому должна обеспечивать быстрое достижение и надежное поддержание установленной производительности карьера по всем видам полезных ископаемых и по возможности – производительность по вскрыше без резких колебаний в относительно длительные периоды времени. Этого достигают путем переноса пиковых объемов вскрышных работ на другие периоды работы карьера.

Принципиально возможны три способа выравнивания календарного графика:

- уменьшение на период пиковых объемов вскрыши производительности карьера по полезному ископаемому;
- перенос выполнения части пиковых объемов вскрыши на более поздние (в соответствии с рисунком 3.1) или ранние периоды (в соответствии с рисунком 3.2).

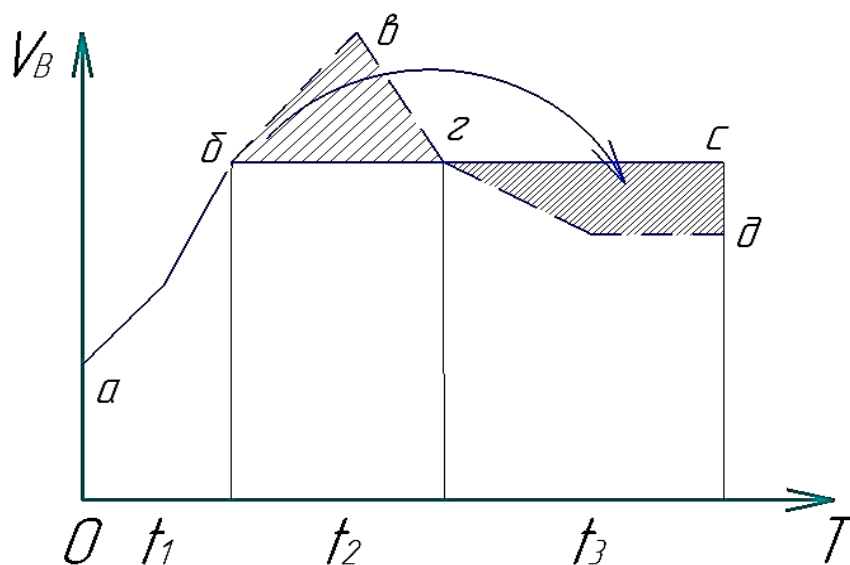


Рисунок 3.1 – Регулирование графика вскрышных работ переносом выполнения части пиковых объемов вскрыши на более поздние периоды

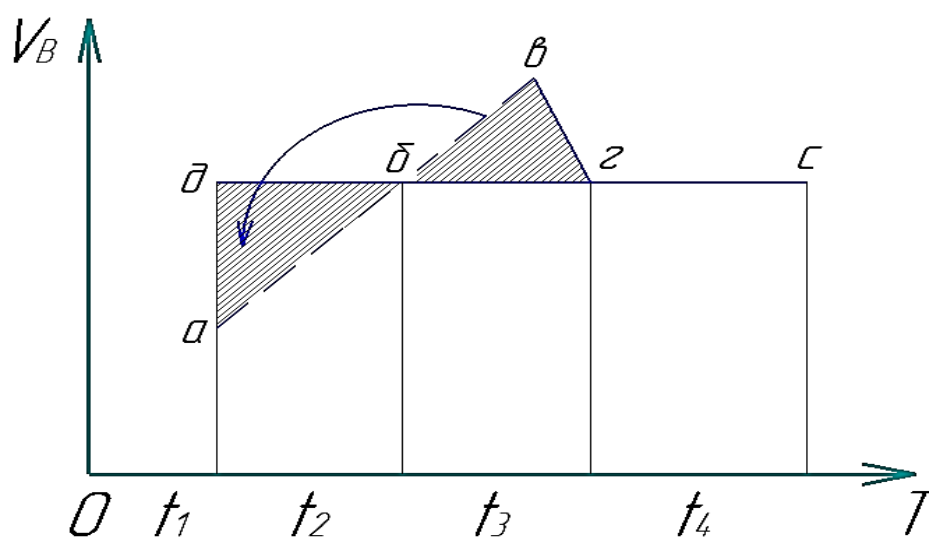


Рисунок 3.2 – Регулирование графика вскрышных работ переносом выполнения части пиковых объемов вскрыши на более ранние периоды

В первом случае снижение ежегодных объемов вскрыши возможно за счет снижения производительности по полезному ископаемому при сохранении первоначально принятой производительности в дальнейшем. Теоретически это должно вести к удлинению первоначально принятого периода отработки. Естественно, что изменение производительности по руде должно быть согласовано с потребителями продукции и предусмотрено в экономической деятельности предприятия.

Во втором случае (в соответствии с рисунком 3.1) часть объёмов вскрышных работ (площадь бвг) переносят с периода t_2 на период t_3 . За период t_3 производительность карьера по вскрыше увеличивается, а в целом, на протяжении периода $t_2 + t_3$ ее можно считать постоянной (линия бге).

В третьем случае производительность карьера по вскрыше в период t_3 искусственно увеличивают до установленного уровня (в соответствии с рисунком 3.2). В период t_2 происходит снижение производительности по горной массе, и её выемка переносится на более поздний срок.

Перенос пиковых объемов вскрышных работ следует осуществлять, исходя из условия равенства объемов по первоначальному и отрегулированному календарным графикам. Это выражается в том, что площади над отрегулированным и первоначальными графиками должны быть равны площадям под ними.

Рациональный календарный график работы горного предприятия характеризуется такими значениями производительности карьера на отдельных этапах и их продолжительности, которые соответствовали бы финансовой обеспеченности его деятельности, то есть, позволяли бы иметь неотрицательные значения накопленного эффекта.

Удорожание горных работ по мере углубления карьера уменьшает значение этого показателя, и в определенный момент времени становится невозмож-

но поддерживать его на приемлемом уровне с помощью применяемой техники и технологии разработки. Именно в этот момент становится неизбежной реконструкция предприятия. Ее главная цель – достижение неотрицательных значений накопленного сальдо при дальнейшей разработке месторождения. Она может быть достигнута внесением существенных корректив в технологию, механизацию и организацию работ без изменения качественных показателей добываемых полезных ископаемых.

Другой путь – диверсификация производства – расширение спектра выпускаемой продукции, что неизбежно имеет следствием улучшение показателей эффективности использования недр. Этот путь более предпочтителен.

3.2 Управление режимом открытых горных работ в период кризиса

Особенности кризисных явлений на открытых горных работах заключаются в необходимости изменять календарный график горных работ. Так как разработка месторождений полезных ископаемых карьером представляет собой сложную динамичную многовариантную систему, необходимость изменения различных параметров системы может возникать довольно часто. Тенденция стабилизации плановых показателей карьера обуславливается внутренними и внешними условиями.

Внешние факторы стабилизации диктуются необходимостью получения разрешительной документации и упрощения процессов снабжения и сбыта. К внутренним условиям относится необходимость стабилизации технологических и экономических показателей.

В общем случае можно говорить об управлении календарным графиком горных работ, как неотъемлемой части текущего, среднесрочного и стратегического управления горным производством. Поэтому при правильной организации процесса управления карьером кризисные ситуации должны быть просчитаны заранее и обновляться по мере изменения текущих условий производства. Такие расчеты становятся доступны, прежде всего, из-за трудоемкости исполнения при широком использовании горно-геологических комплексных программ, позволяющих легко моделировать различные сценарии развития карьера.

В общем случае антикризисное планирование должно рассматривать все возможные сценарии возникновения и развития кризиса. Однако, рыночные изменения, происходившие в последние годы, показывают, что в качестве основных внешних факторов, определяющих необходимость изменения календарного графика горных работ, целесообразно рассматривать снижение цен на полезные ископаемые и сокращение сбыта.

Основными подсистемами объекта, подверженного кризисным явлениям, могут рассматриваться по виду активных ресурсов: парк карьерной техники; система вскрывающих выработок и доступные участки месторождения.

Для наиболее полной оценки возможных вариантов кризисного управления целесообразно рассматривать весь диапазон возможной глубины кризиса.

Оценить глубину кризиса можно по степени влияния на ресурсный потенциал горного предприятия. Наиболее легкая форма кризисных изменений предусматривает перераспределение ресурсов предприятия с целью повышения эффективности производства.

При этом изменения ресурсной базы горного предприятия под действием кризиса не происходит. Наибольшая фатальная глубина кризиса характеризуется необходимостью скорейшего закрытия предприятия. При этом происходит полная ликвидация ресурсов предприятия. Между этими крайними кризисными ситуациями имеются промежуточные стадии, предусматривающие частичное сокращение производственных ресурсов. Условно промежуточные стадии можно разделить на три уровня: незначительные (до 15%), средние (15-50%) и значительные (более 50%) сокращения производственных ресурсов.

В процессе развития кризиса его глубина может меняться, что диктует необходимость разработки промежуточных переходных стадий.

Следует отметить, что в расчетах используется только активная часть ресурсов горного предприятия.

При оценке параметров кризисного завершения горных работ основная идея методики управления открытыми горными работами заключается в получении максимального экономического эффекта при игнорировании ущерба, не зависящего от принимаемых решений.

При погашении горных работ производится два одновременных расчета. Первый расчет определяет величину чистого компаундированного дохода за оставшийся период существования карьера в условиях кризиса [11]. Точка расчета этого показателя определяется текущим значением предельного этапа отработки карьера. Применение данного критерия позволяет ориентировочно оценить величину дохода предприятия за период кризисного завершения горных работ.

Второй расчет предназначен для оценки возможности дальнейшей разработки месторождения в случае снижения влияния кризисных факторов. Для этого используется критерий – текущий чистый дисконтированный доход [12]. Этот показатель определяет снижение эффективности отработки месторождения при сокращении ресурсов предприятия в условиях кризиса.

Методический подход к сокращению ресурсов предполагает оценку эффективности каждого элемента ресурса с точки зрения достижения поставленной производственной задачи.

Большое значение имеют пространственные и временные характеристики. При этом должны учитываться затраты на восстановление ресурса в случае его сокращения. На практике могут рассматриваться различные промежуточные стадии сокращения ресурсов. Например, отдельные ресурсы могут переводиться в неактивное состояние, подвергаться различным процедурам консервации, вплоть до полного исключения возможности дальнейшего применения. Оценка состояния жизненного цикла различных ресурсных объектов осуществляется на основе экономической оценки [12].

В настоящее время условия финансирования горных предприятий существенно отличаются от периода, когда разрабатывались основные теоретические положения по регулированию режима горных работ. Поэтому необходимо оценить соответствие прежних методов регулирования режима горных работ и рекомендаций по рациональным графикам современным условиям финансирования горных предприятий.

Как уже отмечалось, в настоящее время эти условия значительно усложнились. Государство не участвует в финансировании строительства новых горных предприятий. Строительство осуществляется на основе частных инвестиций. Естественно, что частный бизнес не может аккумулировать средства, достаточные для строительства крупного предприятия. Финансирование осуществляется с использованием “заемных” финансовых ресурсов. Займы берутся в банках. В настоящее время кредиты выдаются под большие годовые проценты (до 20 %). Такие большие процентные ставки финансирования ограничивают саму возможность строительства предприятия, поскольку существует опасность превращения проекта в “низкорентабельный” из-за невозможности выплатить в короткий срок платежи по кредиту на строительство.

В новых условиях рентабельным может быть проект с небольшими капитальными затратами, коротким сроком строительства, низкой себестоимостью продукции при большой производительности предприятия и гарантированным сбытом продукции.

Эти требования к проекту современных предприятий нужно учитывать при расчете объема горно-капитальных работ и выборе оптимального режима работы предприятия, особенно в впервые периоды его эксплуатации.

Способность погашать долг и срок полного погашения определяются значением прибыли предприятия, поэтому режим горных работ должен определяться задачей получения максимальной прибыли. Величина прибыли Π , тенге, определяется по формуле

$$\Pi = (C - S)P, \quad (3.1)$$

где C – цена продукции, тенге/м³;

S – себестоимость продукции, тенге/м³;

P – производительность по полезному ископаемому, м³/г.

Из формулы (3.1) следует, что предприятие может увеличить объем прибыли только путем снижения себестоимости и путем увеличения производительности по полезному ископаемому.

Достичь производительности большей, чем принято в проекте, практически невозможно, поскольку она обосновывается по ряду критериев, и методы расчета имеют достаточную точность.

Возможность снижения себестоимости продукции карьера является перспективной, поскольку определяется целым рядом технических и организационных факторов, которые в новых экономических условиях могут быть пере-

смотрены, что позволит получить существенные резервы снижения себестоимости продукции.

Значение себестоимости добычи полезного ископаемого определяется по формуле

$$C = C_d + C_v K_t, \quad (3.2)$$

где C_d – затраты на добычу единицы объема полезного ископаемого без учета затрат на вскрышу, тенге/м³;

C_v – себестоимость отработки вскрыши, тенге/м³;

K_t – текущий коэффициент вскрыши, м³/м³.

Себестоимость отработки полезного ископаемого и вскрыши определяется параметрами, по которым сложно найти резервы снижения затрат. Возможность снижения себестоимости полезного ископаемого фактически определяется значением текущего коэффициента вскрыши K_t . Именно снижение текущего коэффициента вскрыши способно значительно увеличить объем прибыли и интенсивно погасить проценты и сам кредит.

Одним из путей снижения влияния кризиса на режим работы горного предприятия является создание временных внутренних отвалов, позволяющих снизить себестоимость вскрышных работ. Использование подобных решений при соответствующем технико-экономическом обосновании обеспечивает возможность оптимизации режима горных работ и затрат на горновскрышные работы в течение длительного периода эксплуатации карьера, увеличения удельного веса внутреннего отвалообразования и повышения в конечном итоге эффективности горного производства. Следует подчеркнуть, что в условиях постоянного повышения требований к экологической безопасности и конкурентоспособности горного производства вопросы целенаправленного формирования и рационального использования выработанных карьерных пространств требуют все более глубоких научных исследований.

3.3 Разработка регулирования режима горных работ при временном внутреннем отвалообразовании на карьере

Большой проблемой при проектировании отвального хозяйства карьеров является выбор места расположения внешних отвалов. Связано это с тем, что земли, вынужденно занимаемые отвалами, отчуждаются от использования в сельском хозяйстве на многие годы, а иногда и вообще становятся непригодными.

Земли, на территории которых находятся месторождения полезных ископаемых и прилегающие к ним, в частых случаях находятся в пользовании сельскохозяйственных предприятий или же частной собственности. В связи с этим, для начала ведения горных работ возникает необходимость выкупить значительные площади, либо заключать договор долгосрочной аренды. Если в случае с самим месторождением контур и местоположение горного отвода определя-

ется положением полезного ископаемого в недрах, а его размеры и форма зависят от конструктивных особенностей будущего карьера, то в случае с отвалами есть некоторая степень выбора варианта их расположения.

Следуя общепринятым принципам расположения внешних отвалов можно указать следующие пункты:

- отвал должен располагаться по возможности на непригодных для сельскохозяйственных нужд землях;

- под площадью отвалов не должно располагаться полезного ископаемого, пригодного для использования в ближайшее время;

- должно обеспечиваться минимальное расстояние транспортирования.

Как следует из выше изложенного, внешние отвалы являются довольно дорогим удовольствием при ведении открытых горных работ и занимают значительную долю в себестоимости конечной продукции карьеров.

В некоторых случаях имеется возможность исключить внешние отвалы из проекта. По расположению относительно контура карьера отвалы бывают внешние и внутренние. Внутренние отвалы отличаются от внешних, тем, что располагаются внутри контура существующего карьера. Такой вариант возможен при значительной протяженности месторождения, что позволяет разделить его условно на два этапа. Первый этап предусматривает отработку части карьера до проектной глубины, а затем отработку второй части с перемещением пустых пород в отработанную часть карьера. Такой способ, при его технологической осуществимости, позволяет исключить дорогостоящее внешнее отвалообразование, а также значительно сократить расстояние транспортирования вскрыши.

В настоящее время наблюдается отставание извлечения объемов вскрышных пород от плановых значений на многих карьерах. В связи с этим возникает необходимость корректировки календарных планов и изменения режима горных работ.

Ситуация осложняется условиями рыночной экономики, когда часто меняются цены на материалы, оборудование, готовую продукцию. В таких условиях оправдано стремление недропользователей вести горные работы с минимальным коэффициентом вскрыши, продиктованным экономическими возможностями горного предприятия [13].

Для частичного регулирования режима горных работ также может применяться технология внутреннего отвалообразования. Она заключается в том, что пустые породы не перемещаются на поверхность, а размещаются в выработанной части карьера, при этом значительные объемы фактически остаются в карьере, что снижает себестоимость. Такая система может применяться к карьерам, значительные части которых выводятся из эксплуатации. Эта технология хорошо зарекомендовала себя на практике. Изначально она применялась при отработке горизонтальных и пологопадающих месторождений с применением сплошной бестранспортной системы разработки. Порода драглайном или же при помощи транспортно-отвальных мостов перемещается в выработанное пространство по мере продвижения рабочей зоны. Позже технология рассмат-

ривается применительно к месторождениям с крутопадающими пластообразными рудными телами, месторождениям, состоящим из группы гнездообразных рудных тел.

Этот метод дает хорошие результаты и позволяет снизить себестоимость транспортировки руды на 30-50%, избежать дорогостоящей перегрузки, складирования на значительных площадях и высвободить значительную часть технологического оборудования [14].

Наряду с неоспоримыми преимуществами возможности применения этого метода не безграничны в стесненных условиях при разработке крутопадающих рудных месторождений. Кроме того, ситуация усугубляется ужесточившимся контролем со стороны контролирующих органов за полнотой извлечения запасов и оставления их в недрах.

Рассматривая выработанное пространство глубоких карьеров как технологичный ресурс, использование которого позволит существенно сократить расстояние транспортирования отходов производства и землеемкость горнообогатительных комбинатов, следует выделить возможные технологические ситуации в следующих направлениях:

1) Ускоренная отработка части месторождения передовым карьером до предельной глубины карьерного поля с размещением части вскрыши во внешних отвалах и последующая разработка этого же месторождения с размещением основного объема вскрышных пород в созданном выработанном пространстве;

2) Поэтапная разработка карьерного поля с временным складированием части пород вскрыши в пределах карьерного поля и переэкскавацией их во вновь созданное выработанное пространство совместно с основным объемом;

3) Последовательная отработка группы месторождений или их участков с использованием выработанного пространства ранее отработанного карьера для размещения в нем пород вскрыши последующего карьера или хвостов вместо строительства новых внешних отвалов и хвостохранилищ;

4) Утилизация части пород вскрыши, а также использование ее для устройства горнотехнических сооружений в карьере и на хвостохранилищах. Применение той или иной технологии отработки месторождения зависит не только от величины выработанного пространства и времени его образования, но и порядка формирования зоны углубки карьера, ее вместимости. Общим для всех указанных направлений является разработка технологий выемки текущих объемов пород вскрыши, которые позволят минимизировать необходимые их значения. Горно-геологические условия при этом играют преобладающую роль в формировании постоянных и временных отвалов в выработанном пространстве, взаимосвязи его с рабочей зоной и основными параметрами системы разработки.

Можно выделить три группы технологических схем внутреннего отвалообразования в увязке с режимом горных работ [15]:

- Технологические схемы с формированием постоянного внутреннего отвала, не требующие жесткой привязки к режиму горных работ. Формирование

постоянного внутреннего отвала осуществляется на участках выхода карьера на конечный контур или при достижении конечной глубины разработки.

- Технологические схемы при разработке месторождения пионеркарьером с формированием постоянного внутреннего отвала, оказывающие влияние на режим горных работ. Технология разработки включает вскрытие месторождения на одном из его флангов карьером первой очереди, интенсивную углубку до конечной глубины, последующее движение горных работ в горизонтальном направлении к противоположному флангу месторождения с ведением внутреннего отвалообразования и формированием постоянного внутреннего отвала.

- Технологические схемы с формированием временного внутреннего отвала и дальнейшим его перемещением в один или несколько этапов до конечного положения, оказывающие влияние на режим горных работ. Общим признаком этих технологических схем является формирование временного внутреннего отвала на глубине, которая не является конечной. Данный временный внутренний отвал в зависимости от применяемой технологической схемы перемещается в один или несколько этапов до конечного положения. При этом глубина, с которой начинается формирование временного внутреннего отвала первого этапа, а также количество этапов перемещения внутреннего отвала должны быть экономически обоснованы.

К данной группе можно отнести:

- Технологическую схему внутреннего отвалообразования при разработке месторождения блоками. Суть ее состоит в размещении скальных пород внутреннего отвала на горизонтальной площадке, которую по длине разделяют на три равные зоны – подготовительных, отвальных и добычных работ. По мере углубки карьера происходит многоуровневая перевалка вскрышных пород, уложенных во внутренний отвал с поочередной сменой указанных зон.

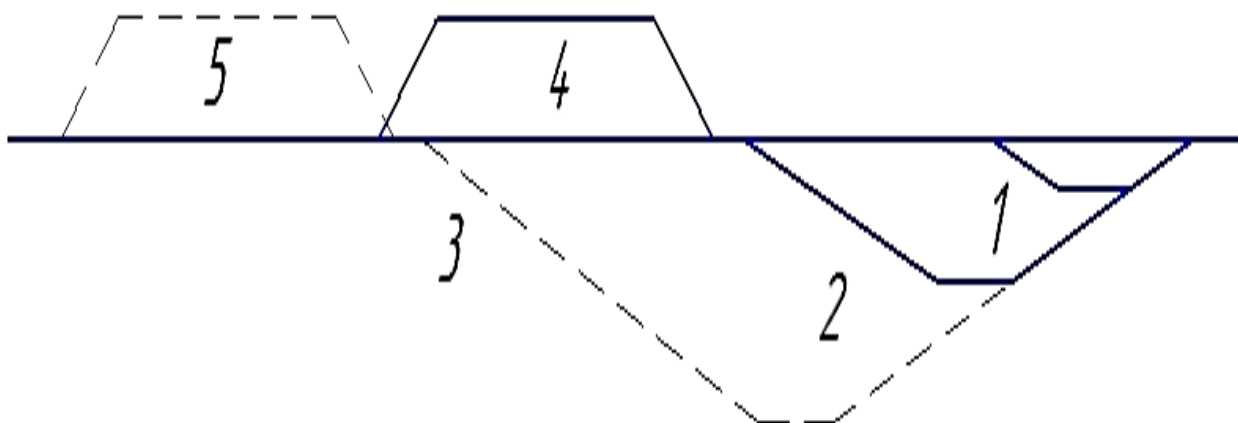
- Технологическую схему при разработке месторождения этапами с внутренним отвалообразованием. Суть данной технологии состоит во вскрытии вытянутого месторождения на одном из его флангов карьером первого этапа, движении горных работ к противоположному флангу месторождения с формированием временного внутреннего отвала. При достижении противоположного фланга месторождения производится углубка карьера, и горные работы ведутся в обратном направлении с переэкскавацией внутреннего отвала, сформированного на первом этапе и формированием внутреннего отвала второго этапа. Данная последовательность действий сохраняется до достижения карьером конечной глубины. Во время углубки карьера вскрышные породы вывозятся на внешние отвалы.

- Другие технологические схемы внутреннего отвалообразования, для которых характерна многоуровневая переэкскавация вскрышных пород внутреннего отвала тем или иным способом.

Временное внутреннее отвалообразование можно применять как на строящемся карьере, так и при доработки глубоких карьеров [16].

Схема расположения временного и постоянного отвалов при строительстве карьера приводится на рисунке 3.3. Часть вскрыши не вывозится в постоян-

ный отвал и складывается во временном отвале в границах будущего карьера. При этом существенно сокращается расстояние транспортирования породы и снижается себестоимость добычи руды. При выходе карьера на плановую производительность временные отвалы будут перемещены за контур карьера.



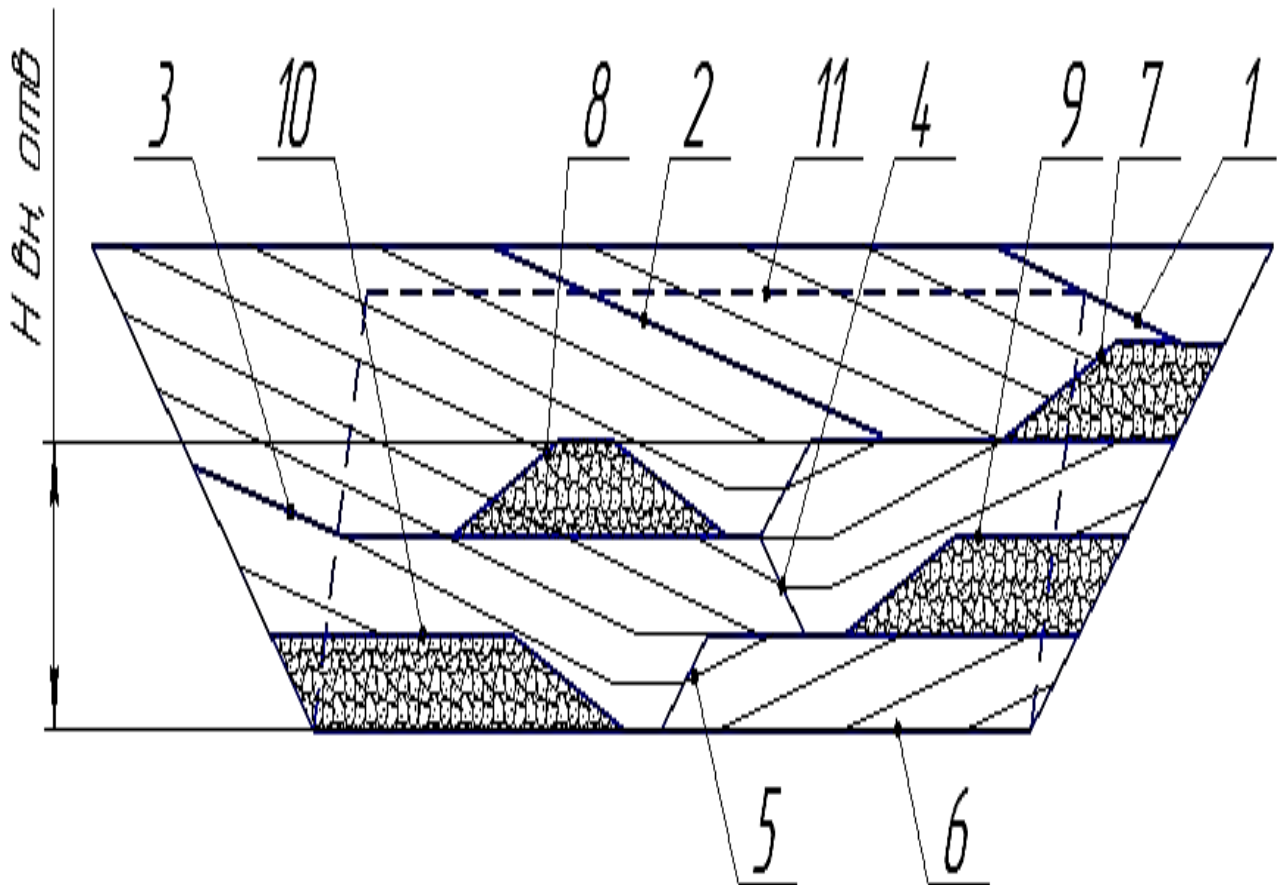
1 – первоначальный контур карьера; 2 - промежуточный контур; 3 - конечный контур; 4 - временный отвал; 5 - постоянный отвал

Рисунок 3.3 – Схема применения внутреннего отвала при строительстве карьера

При доработке глубоких карьеров возможно применить схему, представленную на рисунке 3.4. При каждом направлении вскрытия данных месторождений режим горных работ состоит из этапов. Первый этап включает подготовку площадки для начала формирования внутреннего отвала, ведение горных работ в направлении второго этапа и формирование внутреннего отвала. Каждый последующий этап включает углубку горных работ, подготовку площадки для начала формирования внутреннего отвала на данном этапе, внутреннее отвалообразование и переэкскавацию внутреннего отвала предыдущего этапа.

Применение внутренних временных отвалов с целью сокращения текущих расходов на фоне неблагоприятной рыночной ситуации еще не имело практической реализации и требует научного исследования [17]. При этом производится:

1. Подготовка готовых к выемке запасов руды с извлечением породы во временный внутренний отвал с минимальным перемещением.
2. После стабилизации цены временные объемы перевозятся во внешние отвалы



1 – контур ГКР; 2 – контур карьера I этапа; 3 – контур карьера II этапа; 4 – контур карьера III этапа; 5 – контур карьера IV этапа; 6 – контур карьера V этапа; 7 – временный внутренний отвал (I этап); 8 – временный внутренний отвал (II этап); 9 – временный внутренний отвал (III этап); 10 – постоянный внутренний отвал (IV и V этапы); 11 – контур залежи по простиранию

Рисунок 3.4 – Схема ведения горных работ в карьере этапами с внутренним отвалообразованием при разработке глубокого карьера

Эта идея обладает такими преимуществами:

- снижение себестоимости добычи руды на период низкой цены на продукцию за счет снижения затрат на перевозку вскрыши;
- позволяет временно отказаться от организации громоздкого вскрышно-перегрузочного склада в стесненной рабочей зоне.

Однако, основной недостаток состоит в том, что вскрыша подвергается двойной перевалке и, по сути, двойному отвалообразованию – сначала бульдозерному, затем экскаваторному. Поэтому необходимо провести исследования и выявить возможность организации временных внутренних отвалов в рабочей зоне ряда крупных карьеров.

3.4 Способы планирования работы горного предприятия при применении временного внутреннего отвалообразования

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом временное складирование вскрышных пород в границах карьерного поля используется в различных целях, основными из которых являются: повышение интенсивности вскрышных и создание разного рода временных технологических сооружений, позволяющих обеспечить более простую организацию горных работ. Условия целесообразности временного отвалообразования на стадии проектирования карьеров сформулированы профессором В.С. Хохряковым [18] еще в период плановой экономики, когда отношение к фактору времени далеко не всегда было однозначным. В рыночных условиях учет фактора времени при решении перспективных и долгосрочных задач, связанных с возможными вариантами поэтапного перемещения горной массы, является очевидным [19].

Решение об организации временных отвалов может приниматься также на стадии среднесрочного планирования с последующим мониторингом технико-экономических показателей эффективности их формирования при разработке текущих и оперативных планов. Основная идея заключается в том, что часть транспортной работы и связанные с ней затраты переносятся на более поздний период времени. В этом случае транспортная работа, которую необходимо выполнить по проектному варианту в текущий момент времени, меньше по сравнению с транспортной работой по базовому варианту.

Высвобожденная транспортная техника может быть использована в других забоях, как при добычных, так и при вскрышных работах. Укрупненными условиями целесообразности подобных решений являются технологическая возможность размещения вскрыши в границах карьерного поля на такой период времени, в течение которого окупится прирост прямых затрат, связанных с перегрузом горной массы при поэтапном ее перемещении. Отметим также, что наличие временных отвалов при использовании автомобильного транспорта создает более благоприятные условия для поддержания равномерности добычи, позволяя, в случае необходимости, перераспределять транспортную работу по грузопотокам с учетом их текущей и оперативной значимости с точки зрения выполнения производственной программы добычи полезного ископаемого. Еще более частные варианты временного размещения вскрыши связаны, например, с созданием перемычек между бортами карьера, с помощью которых возможно существенно сократить расстояние транспортирования горной массы на некоторый период времени работы. В этом случае первичная эффективность определяется, главным образом, технологическим назначением перемычки, как средства оптимизации транспортных коммуникаций, вторичная – как временного отвала такого объема вскрыши, который необходим для строительства перемычки.

Технические решения проектного уровня обоснованы с использованием утвержденных нормативных и методических документов и реализуются в соот-

ветствии с проектами, а обоснование частных вариантов временных технологических сооружений с использованием вскрышных пород не представляет особой методической сложности. Наряду с этим методология технико-экономического обоснования целесообразности временного отвалообразования на среднесрочный плановый период с учетом основных горнотехнических факторов конкретного месторождения требует, на наш взгляд, более детальной проработки. горнотехнических факторов сформулированы основные требования к параметрам временных автомобильных отвалов на карьерах, обеспечивающих их технико-экономическую эффективность. В частности, показано, что срок окупаемости временного складирования вскрыши зависит от горнотехнических факторов, стоимостных показателей производства в целом по разрезу и технико-экономических показателей оборудования. При использовании автомобильного транспорта основными из них являются: величина сокращения расстояния транспортирования вскрыши во временный отвал по сравнению с расстоянием до существующего постоянного отвала; расстояние транспортирования вскрыши от места временного складирования до будущего постоянного отвала; текущий коэффициент вскрыши; расчетная цена руды; себестоимость добычи руды.

Чем больше сокращается расстояние транспортирования вскрыши и чем ближе ее предстоит транспортировать в будущем, тем меньше срок окупаемости. Увеличение цены на руду и меньшие значения себестоимости её добычи также влекут за собой сокращение сроков окупаемости временного отвалообразования.

На стадии текущего планирования выбор соответствующих забоев (экскаваторных блоков или более крупных частей рабочей зоны) необходимо производить в зависимости от сокращения расстояния транспортирования вскрыши с учетом других параметров временного отвала, в частности, расстояния транспортирования до будущего постоянного отвала и остаточного срока технологического существования временного отвала.

Остаточный срок технологического существования – продолжительность времени от начала реализации текущего годового плана до начала погрузки и перемещения вскрыши в постоянный отвал. Если под текущим планированием понимать годовое планирование, то в каждый последующий плановый период остаточный срок существования будет на один год меньше предыдущего. Этот параметр временного отвала объективно уменьшается.

4 Построение календарных планов горных работ и их оптимизация на основе технологии отсыпки и отработки временных внутренних отвалов

4.1 Общие принципы построения календарных графиков режима горных работ

Анализ теоретических положений показал, что рекомендуется стабилизировать производительность карьеров на определенном уровне с целью снижения расходов на вскрывающие выработки, путевое развитие и инфраструктуру предприятия, затраты на которую пропорциональны производительности карьера по горной массе и вскрыше.

Признаком стабилизации режима горных работ карьера является работа с постоянным значением текущего коэффициента вскрыши. В [2, 3, 4] рекомендуется работать с постоянным коэффициентом вскрыши практически с момента окончания строительства карьера. Обеспечение стабильности коэффициента вскрыши в течение длительного периода времени является сложной теоретической задачей, несмотря на относительно простую постановку задачи.

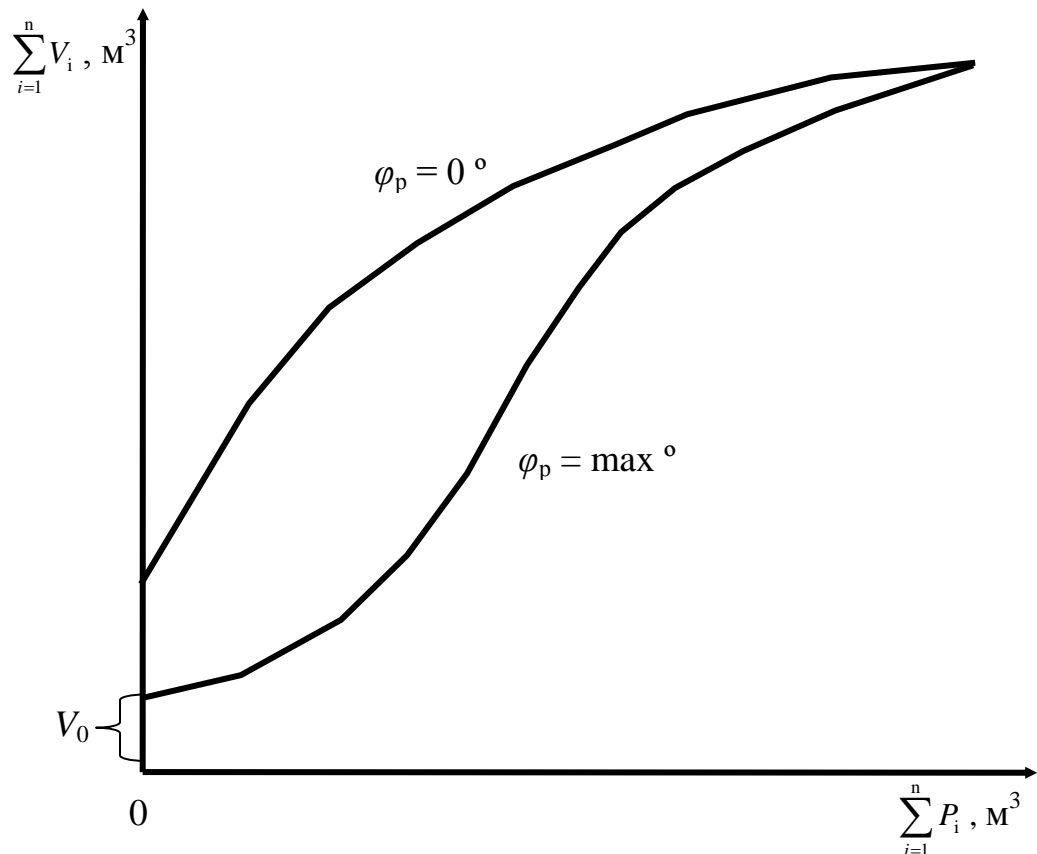
Основные сложности обусловлены тем, что достичь стабильного коэффициента вскрыши в условиях изменения глубины карьера и объемов вскрыши на этапах горных работ можно за счет изменения ширины рабочих площадок, которая должна меняться практически на всех этапах. Кроме того, необходимо обосновать значение постоянного коэффициента вскрыши, которое можно выдерживать длительное время. Для решения этой задачи необходимо знать область допустимых значений усредненного эксплуатационного коэффициента вскрыши. В [2, 3, 4] допускается выделение 2-3 этапов смены усредненного эксплуатационного коэффициент вскрыши за весь период работы карьера.

При ошибочном задании значения усредненного эксплуатационного коэффициента вскрыши и продолжительности этапа работы с заданным коэффициентом вскрыши возможно возникновение ситуации, когда потребуется работать с переменным значением текущего коэффициента вскрыши, большим чем заданный усредненный эксплуатационный коэффициент, или потребуется на определенном этапе вести отработку вскрыши практически с углами наклона рабочего борта, близкими к нулю $\varphi_p = 0^\circ$, или даже при $\varphi_p < 0^\circ$.

Для определения области допустимых значений усредненного эксплуатационного коэффициента вскрыши в [2] была разработана теоретическая основа для возможности правильного определения области допустимых значений. Основанием для возможности выделения такой области была идея проведения горногеометрического анализа карьерного поля при двух вариантах значений угла наклона рабочего борта карьера φ_p , при $\varphi_p = \max^\circ$ и $\varphi_p = 0^\circ$. Полученные данные должны переноситься на график нарастающих объемов вскрыши $\sum_{i=1}^n V_i$ от нарастающих объемов полезного ископаемого $\sum_{i=1}^n P_i$, то есть, график

функции $\sum_{i=1}^n V_i = \varphi\left(\sum_{i=1}^n P_i\right)$. График имеет две зависимости (ветви). На рисунке 4.1 приведен примерный вид такого графика.

Любой график режима горных работ, который можно выбрать в зоне между двумя ветвями графика $\sum_{i=1}^n V_i = \varphi\left(\sum_{i=1}^n P_i\right)$, предполагает работу без нарушения параметров системы разработки, а именно, ширина рабочих площадок будет не меньше минимальных значений и угол рабочего борта гарантированно больше нуля градусов, $\varphi_p > 0^\circ$.



$\sum_{i=1}^n V_i$ — нарастающие объемы вскрыши; $\sum_{i=1}^n P_i$ — нарастающие объемы полезного ископаемого; φ_p — угол наклона рабочего борта карьера; V_0 — первоначальный объем вскрыши (горно-капитальной вскрыши).

Рисунок 4.1 — График нарастающих объемов вскрыши от нарастающих объемов полезного ископаемого

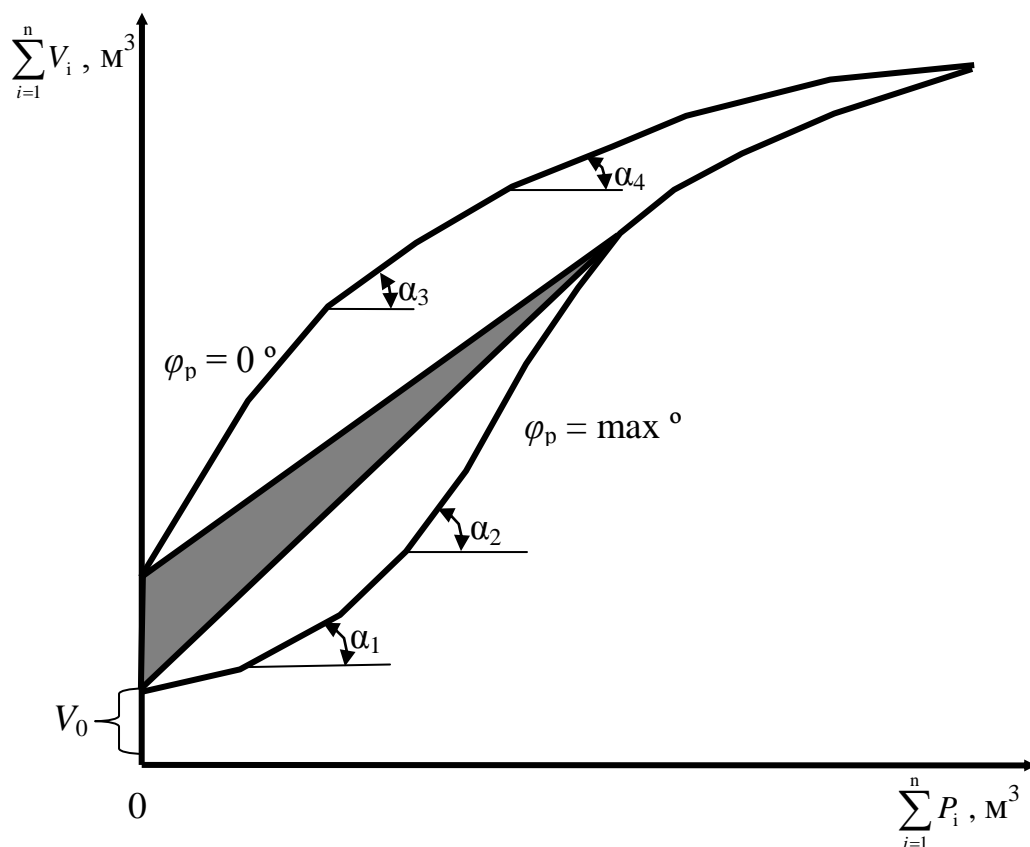
В то же время область возможных режимов горных работ получается достаточно большой. На графике 4.2 показана зона возможных вариантов значений усредненного среднеексплуатационного коэффициента вскрыши при выделении двух этапов режима горных работ. Поскольку графики обеих ветвей име-

ют на каждом этапе разный угол наклона, это значит, что текущий коэффициент постоянно изменяется на новых этапах горных работ.

На рисунке 4.2 также показано значение угла α на разных этапах горных работ.

Обе ветви графика $\sum_{i=1}^n V_i = \varphi \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)$ предполагают работу с переменным текущим коэффициентом вскрыши, поскольку угол наклона графиков α_i к оси $\sum_{i=1}^n P_i$ меняется на каждом этапе горных работ. Текущий коэффициент вскрыши K_T равен отношению прироста объемов вскрыши на каком-либо этапе горных работ V_i к приросту объемов полезного ископаемого P_i , отработанному на том же этапе работ.

$$K_{T,i} = \frac{V_i}{P_i}. \quad (4.1)$$




$\sum_{i=1}^n V_i$ – нарастающие объемы вскрыши; $\sum_{i=1}^n P_i$ – нарастающие объемы полезного ископаемого; φ_p – угол наклона рабочего борта карьера;  - зона регулирования режима горных работ при постоянном текущем коэффициенте вскрыши; V_0 – первоначальный объем вскрыши (горно-капитальной вскрыши); α_i – угол наклона ветви графика к оси графика $0 \sum_{i=1}^n P_i$.

Рисунок 4.2 – Зона регулирования режима горных работ при постоянном текущем коэффициенте вскрыши

При этом это отношение равно тангенсу $tg(\alpha)$ угла наклона ветви графика α к оси графика $0 \sum_{i=1}^n P_i$. То есть, выражение в формуле (4.1) можно преобразовать к виду

$$K_{r,i} = \frac{V_i}{P_i} = tg(\alpha). \quad (4.2)$$

В соответствии с рекомендациями [2, 3, 4] необходимо выбрать в зоне допустимых значений режима горных работ положение линий режима на двух этапах с постоянным значением коэффициента вскрыши, поскольку режима горных работ в виде прямой линии на графике $\sum_{i=1}^n V_i = \varphi \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)$ означает работу с постоянным текущим или усредненным эксплуатационным коэффициентом вскрыши.

4.2 Построение и оптимизация календарных графиков режима горных работ для Качарского карьера

Для построения и оптимизации календарного графика отработки месторождения и в последующем определения экономического эффекта от применения технологии временного внутреннего отвалообразования был выполнен горно-геометрический анализ на примере разрезов Качарского железорудного месторождения (в соответствии с рисунками 4.3 и 4.4). Разрезы являются характерными по центральной части карьера с наиболее мощной зоной оруденения.

Качарское месторождение входит в состав ресурсной базы АО «ССГПО» и на сегодняшний день является наиболее перспективным по запасам и качеству руд.

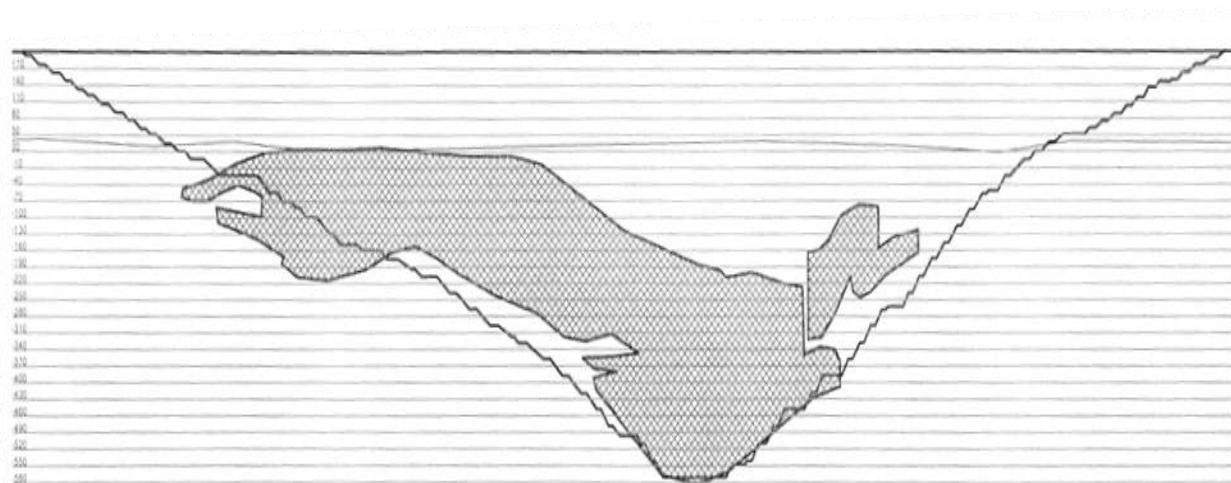


Рисунок 4.3 – Разрез по линии XX

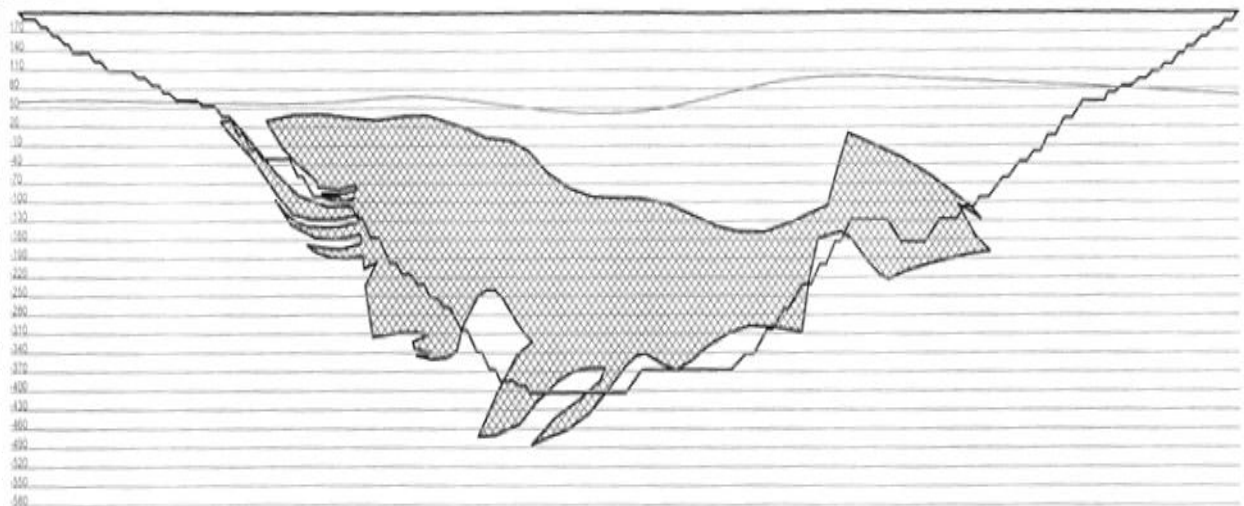


Рисунок 4.4 – Разрез по линии XXIII

Для выполнения горно-геометрического анализа разрез по линии XX разделен на этапы отработки высотой 30 метров, и выполнен подсчет объемов руды и вскрыши в пределах этапов отработки по данному разрезу при максимальном угле наклона рабочего борта, который принят усредненным для всей рабочей зоны – $\varphi = 18^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$ (в соответствии с рисунками 4.5 и 4.6).

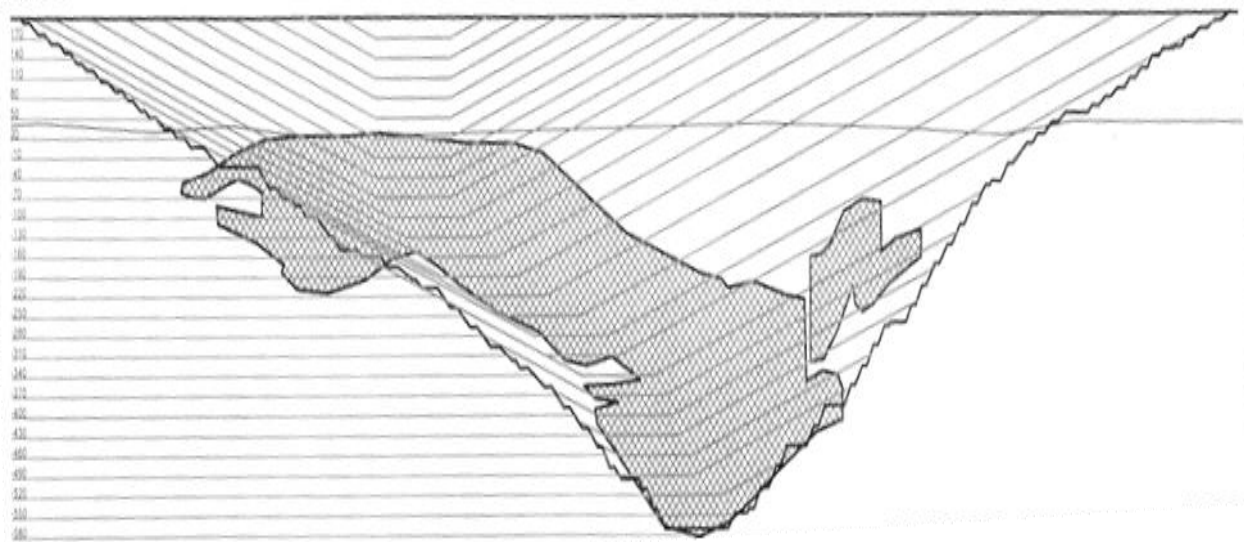


Рисунок 4.5 – Разрез для подсчета объемов при $\varphi = 18^\circ$

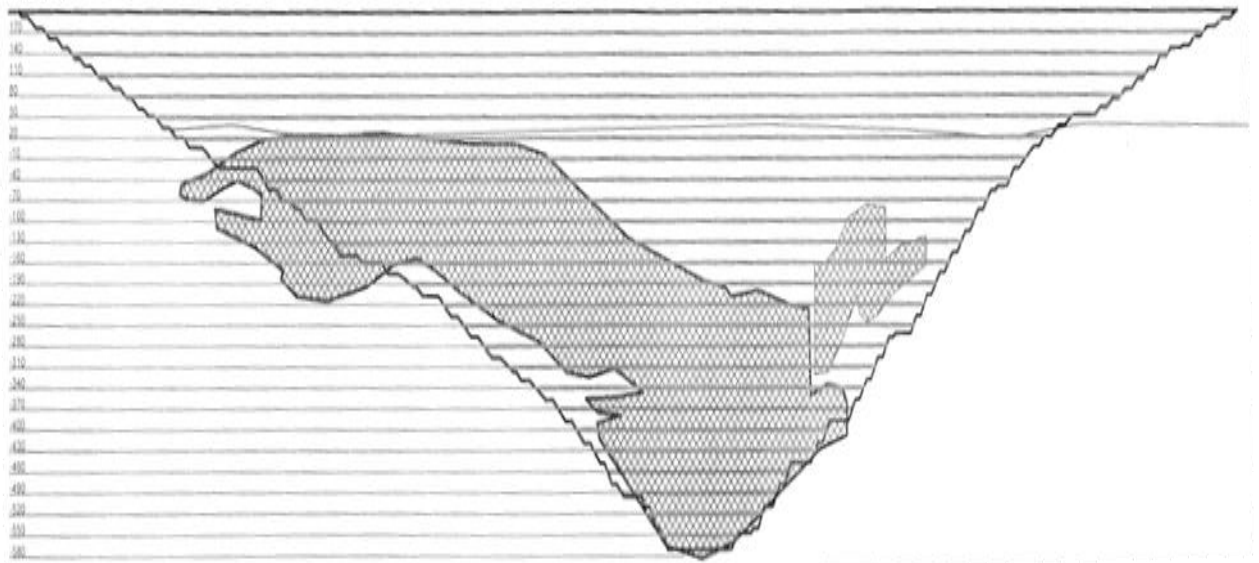


Рисунок 4.6 – Разрез для подсчета объемов при $\varphi = 0^\circ$

Зона влияния разреза соответствует расстоянию между главными разведочными профилями – 100 м. Проектная глубина отработки на сегодняшний день по текущим проектным решениям в центральной части карьера составляет 770 м, отметка дна карьера – 570 м. Погоризонтные объемы горной массы, руды и вскрыши приведены в таблицах 4.1 и 4.2 соответственно для $\varphi = 18^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$.

Таблица 4.1 – Погоризонтные объемы горной массы, руды и вскрыши при $\varphi = 18^\circ$ на расчетном разрезе

Горизонт	$V_{\text{ГМ}}, \text{ тыс. м}^3$	$V, \text{ тыс. м}^3$	$P, \text{ тыс. м}^3$
1	2	3	4
170	868,2	868,2	0
140	1436,4	1436,4	0
110	1999,2	1999,2	0
80	2572,9	2572,9	0
50	3141,2	3141,2	0
20	3117,7	3068,2	49,5
-10	4277,7	3440,2	837,5
-40	4854,5	3458,3	1396,2
-70	5395,6	3509,7	1885,9
-100	5982,5	3829,3	2153,2
-130	6515,3	4217,1	2298,2
-160	6815,1	4362,1	2453
-190	7055	4569,6	2485,4
-220	7952,2	5674,3	2277,9
-250	8802	6669,6	2132,4

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
-280	8751,3	6357,7	2393,6
-310	7877,8	5646,1	2231,7
-340	7212,6	3820	3392,6
-370	4432,4	1474,9	2957,5
-400	3655,9	1109,7	2546,2
-430	3110,9	1075	2035,9
-460	2976,2	939,9	2036,3
-490	2057,2	289,8	1767,4
-520	2105,9	30,2	2075,7
-550	960,5	0	960,5
-570	362,9	23,6	339,3

Таблица 4.2 – Погоризонтные объемы горной массы, руды и вскрыши при $\varphi = 0^\circ$ на расчетном разрезе

Горизонт	$V_{\text{ГМ}}, \text{ тыс. м}^3$	$V, \text{ тыс. м}^3$	$P, \text{ тыс. м}^3$
170	9244,6	9244,6	0
140	8838,5	8838,5	0
110	8405,7	8405,7	0
80	8007,3	8007,3	0
50	7494,4	7494,4	0
20	6945	6803,8	141,2
-10	6226,9	4144,1	2082,8
-40	6109,5	2638	3471,5
-70	5691,5	3284	2407,5
-100	5143,4	2689,7	2453,7
-130	5129	2394	2735
-160	4675,6	1632,6	3043
-190	4308	1512,2	2795,8
-220	3837,1	985,4	2851,7
-250	3639,8	782,4	2857,4
-280	3333,1	887,9	2445,2
-310	3004,3	835,1	2169,2
-340	2713,7	1109,2	1604,5
-370	2433,3	604,6	1828,7
-400	2123,8	283,3	1840,5
-430	1841,9	127,4	1714,5
-460	1566,9	100,6	1466,3
-490	1312,9	100,2	1212,7
-520	1037,6	33,6	1004
-550	759,3	28,9	730,4
-570	364,3	24,4	339,9

Для построения графика усреднения текущего коэффициента пересчи-
объемы горной массы, руды и вскрыши таблиц 4.1 и 4.2 на соответствующие
нарастающие объемы при $\varphi = 18^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$ и сведены в общую таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Нарастающие объемы руды и вскрыши при $\varphi = 18^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$
на расчетном разрезе

Гор.	$\varphi = 18^\circ$		$\varphi = 0^\circ$	
	V, тыс.м ³	P, тыс.м ³	V, тыс.м ³	P, тыс.м ³
170	868,2	0	9244,6	0
140	2304,6	0	18083,1	0
110	4303,8	0	26488,8	0
80	6876,7	0	34496,1	0
50	10017,9	0	41990,5	0
20	13086,1	49,5	48794,3	141,2
-10	16526,3	887	52938,4	2224
-40	19984,6	2283,2	55576,4	5695,5
-70	23494,3	4169,1	58860,4	8103
-100	27323,6	6322,3	61550,1	10556,7
-130	31540,7	8620,5	63944,1	13291,7
-160	35902,8	11073,5	65576,7	16334,7
-190	40472,4	13558,9	67088,9	19130,5
-220	46146,7	15836,8	68074,3	21982,2
-250	52816,3	17969,2	68856,7	24839,6
-280	59174	20362,8	69744,6	27284,8
-310	64820,1	22594,5	70579,7	29454
-340	68640,1	25987,1	71688,9	31058,5
-370	70115	28944,6	72293,5	32887,2
-400	71224,7	31490,8	72576,8	34727,7
-430	72299,7	33526,7	72704,2	36442,2
-460	73239,6	35563	72804,8	37908,5
-490	73529,4	37330,4	72905	39121,2
-520	73559,6	39406,1	72938,6	40125,2
-550	73559,6	40366,6	72967,5	40855,6
-570	73583,2	40705,9	72991,9	41195,5

Распределение объемов руды и вскрыши показывает большое колебание
коэффициента вскрыши на этапах разработки месторождения (в соответствии с
рисунком 4.7), что указывает на необходимость постоянного регулирования
режима горных работ с целью обеспечения стабильности добычи и наиболее
равномерного распределения вскрышных работ. Как видно, в пиковые периоды
значение коэффициента достигает величины $3 \text{ м}^3/\text{м}^3$ в объемном выражении.
При таком распределении горной массы без усреднения объемы имеют нарас-

тающий характер до середины периода эксплуатации, а затем с резким понижением стремятся к затуханию (в соответствии с рисунком 4.8).

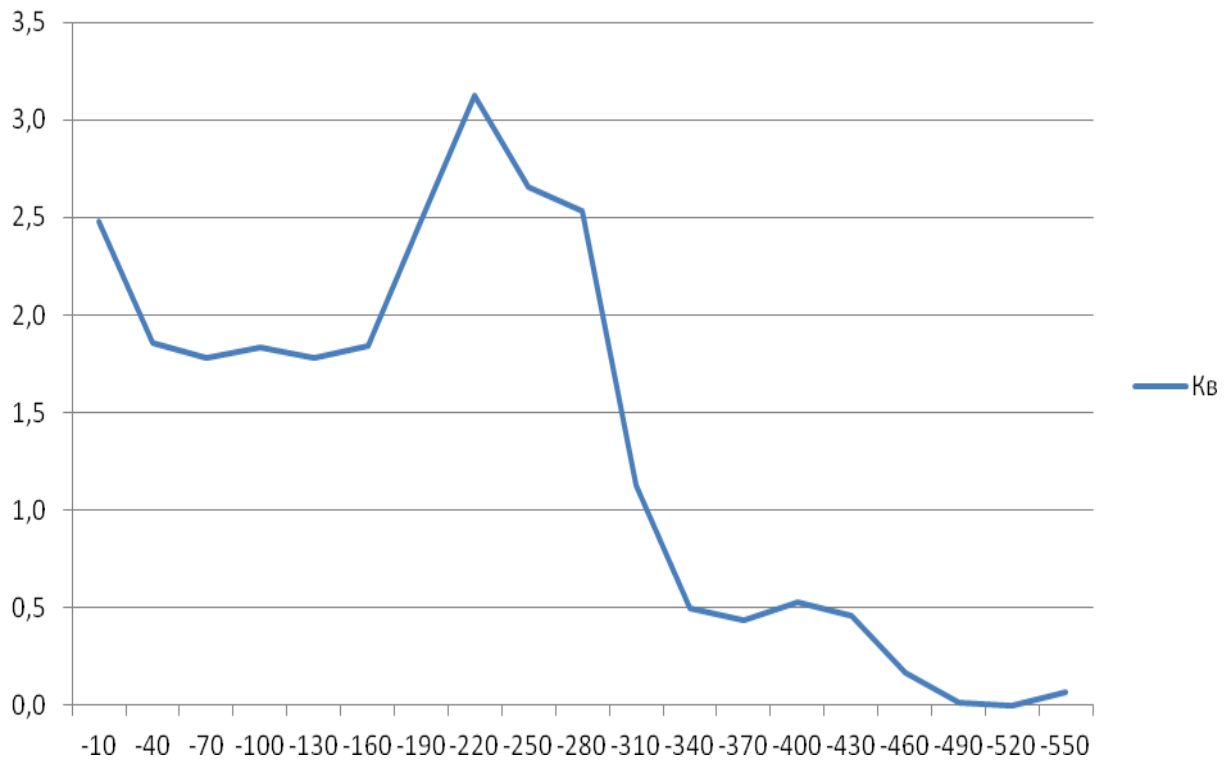


Рисунок 4.7 – График изменения коэффициента вскрыши в течение отработки

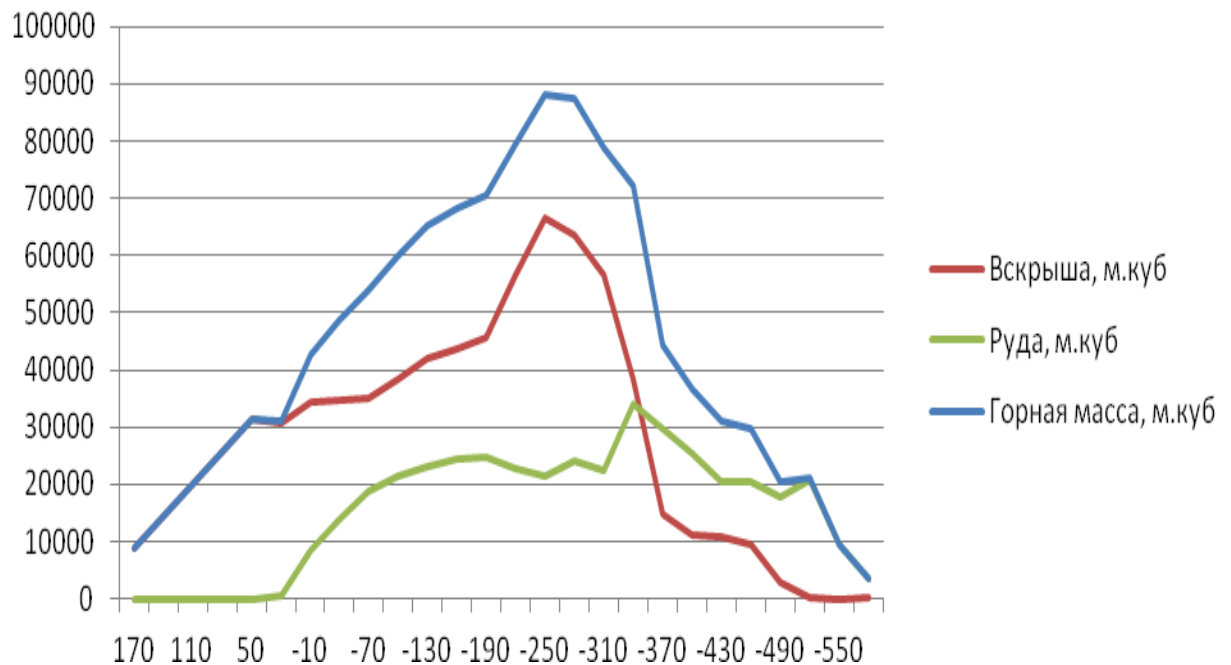


Рисунок 4.8 – График изменения объемов руды и вскрыши по периодам эксплуатации

Пиковые значения приходятся на период достижения глубины 420÷450 м, что является текущим значением глубины Качарского карьера. Здесь назревает необходимость использования наряду с технологией временно-нерабочих бортов технологии временного внутреннего отвалообразования для планомерного распределения объемов во времени и недопущения роста себестоимости продукции, учитывая достаточно неблагоприятные рыночные условия в настоящее время.

Для определения усредненного значения текущего коэффициента вскрыши на основании данных таблицы 4.3 был построен график $\Sigma V = f(\Sigma P)$ (В соответствии с рисунком 4.9).

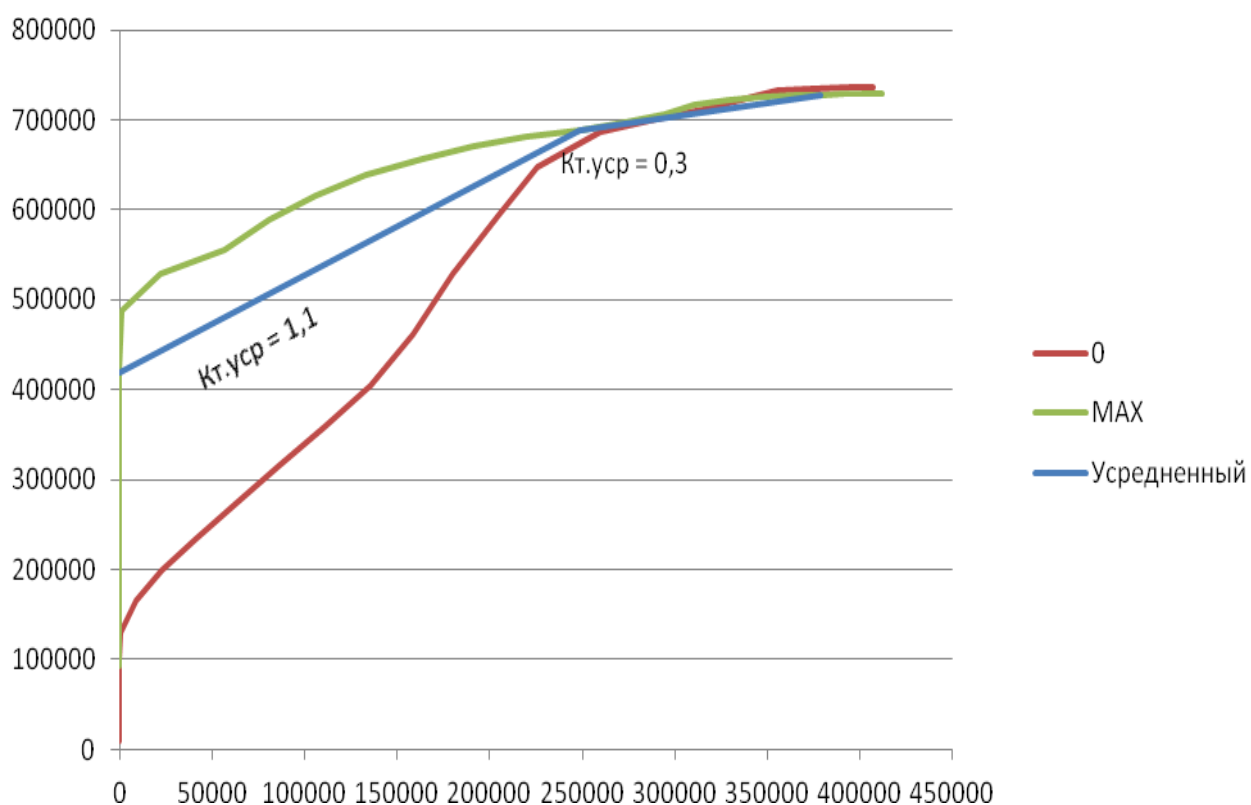


Рисунок 4.9 – График $\Sigma V = f(\Sigma P)$

После построения графика определено значение усредненного текущего коэффициента на основной период эксплуатации $K_{т.ср} = 1,1$.

Для разреза XXIII горно-геометрический анализ выполняется аналогично и строится календарный график отработки. При построении календарного графика отработки месторождения с учетом усреднения можно наблюдать следующую картину распределения объемов на рассматриваемых разрезах: для обеспечения планомерной отработки вскрышных пород в середине срока эксплуатации требуется отработка значительного объема пустых пород (в соответствии с рисунками 4.10 и 4.11). По графикам определим его объем, он составляет 14 млн. м³ для разреза XX и 9 млн. м³ – для разреза XXIII. При этом напомним, что речь в данном случае идет о зоне влияния разреза – 100 м. Можно предположить, что при совокупном анализе всех разрезов и построении кален-

дарного графика отработки карьера по каждому геологическому разрезу речь может идти о многих десятках и сотнях миллионов кубических метров горной породы. Для перераспределения таких объемов наряду с технологией временно нерабочих бортов назревает необходимость применения временного отвала. Проблема наиболее актуальна для Качарского и других аналогичных карьеров в силу их округлой формы, так как здесь характерна постоянная необходимость в открытии фронта добычных работ, и зацеличивание при использовании временно-нерабочих бортов может привести к падению производительности по руде.

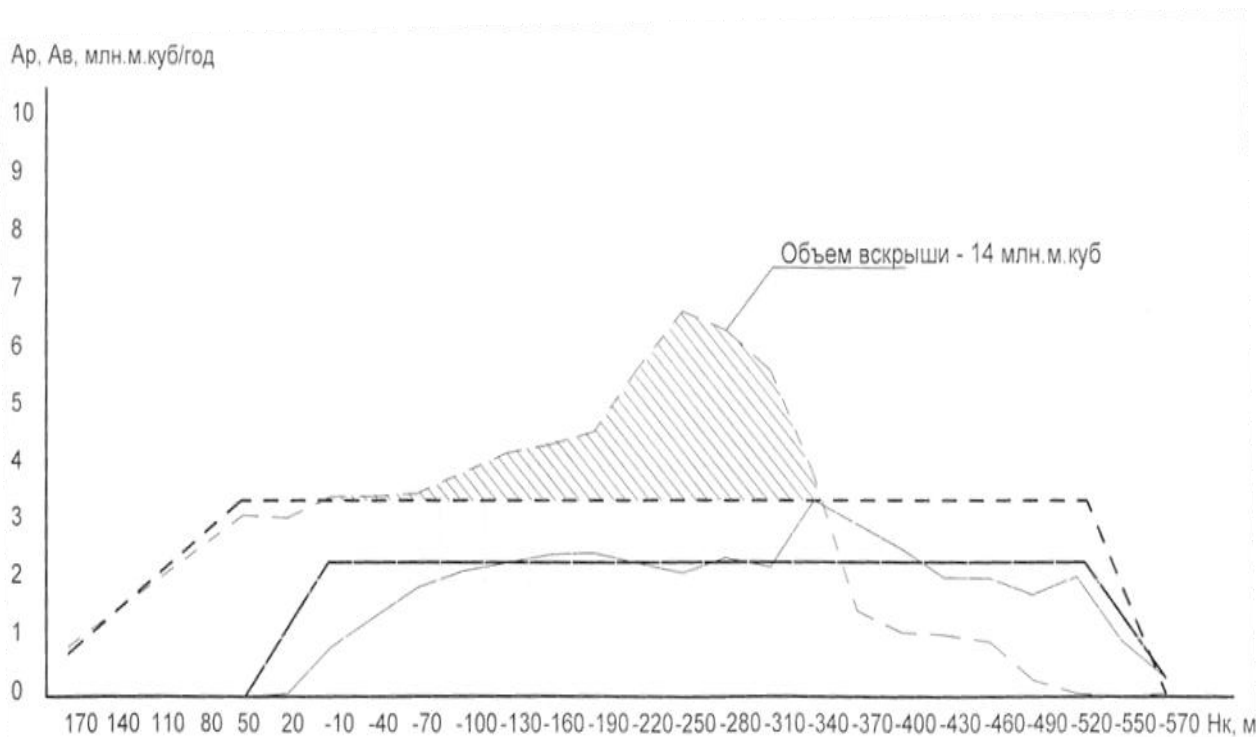


Рисунок 4.10 – Календарный график отработки с учетом усреднения для разреза по линии XX

Концептуально использование технологии внутреннего отвалообразования для регулирования режима горных работ будет выглядеть следующим образом. При более детальном анализе календарного графика отработки месторождения (для примера возьмем разрез по линии XXIII) можно определить моменты значительного роста производительности и, соответственно, необходимости применения технологии внутреннего отвалообразования.

Для удобства календарный график был наложен на срок эксплуатации в годах, при средней скорости углубки 10 м/год (в соответствии с рисунком 4.12). Как видно, значительный перелом производительности наблюдается на 39 году эксплуатации при глубине карьера около 400 метров и продолжается до 52-го года в течение 13 лет.

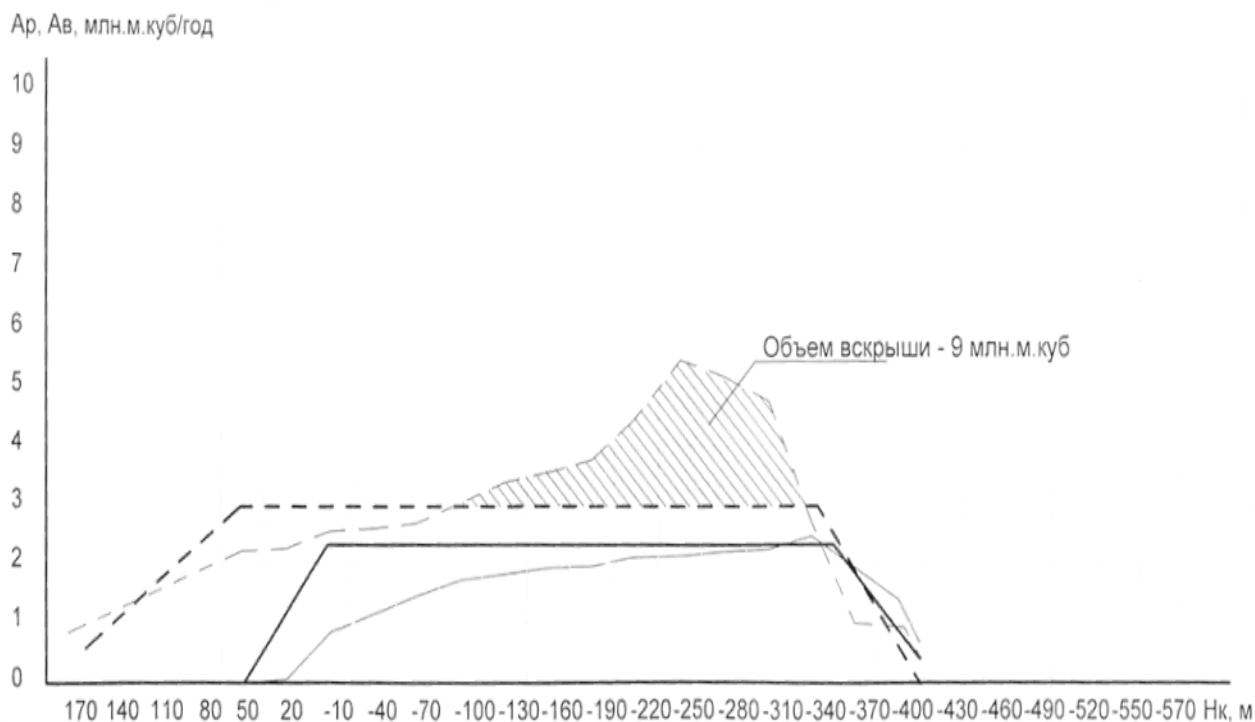


Рисунок 4.11 – Календарный график отработки с учетом усреднения для разреза по линии XXIII

Для регулирования данного участка графика и снижения себестоимости, как вариант, может быть применена технология внутреннего отвалообразования. Объем пород в соответствии с графиком составляет 5,6 млн. м³. Так как это довольно большой объем, размещение которого в одном отвале в пределах карьерного пространства будет проблематично, необходимо либо его уменьшение, либо деление на очереди. В данном случае, например, можно выделить 2 этапа: 6 лет с объемом складирования 2,1 млн. м³ и 7,2 года с объемом 3,5 млн. м³. Оработка в этот период ведется с последовательной отсыпкой внутренних отвалов с минимально возможным плечом откатки и минимальной себестоимостью. После 52-го года с началом снижения объемов вскрыши и текущего коэффициента возможна отработка временного отвала: первого – за 6,9 лет, второго – за 6,6 года.

При этом эффект от применения технологии можно будет проследить в экономическом выражении – перераспределении затрат в течение срока эксплуатации. При наложении графика себестоимости продукции следует ожидать смещения затрат на более поздний период (в соответствии с рисунком 4.13).

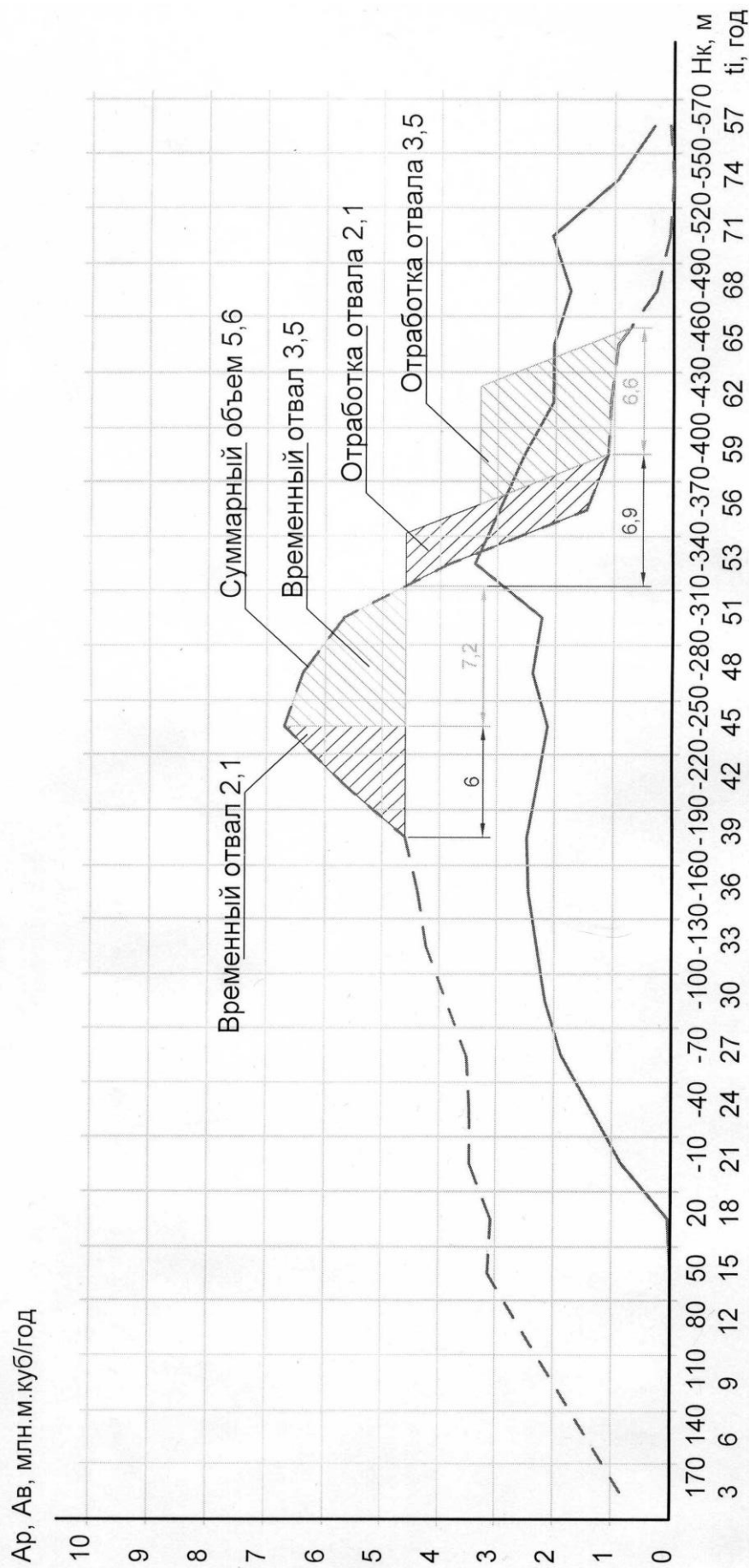


Рисунок 4.12 - Календарный график распределения объемов горной массы с периодами формирования и отработки внутреннего отвала

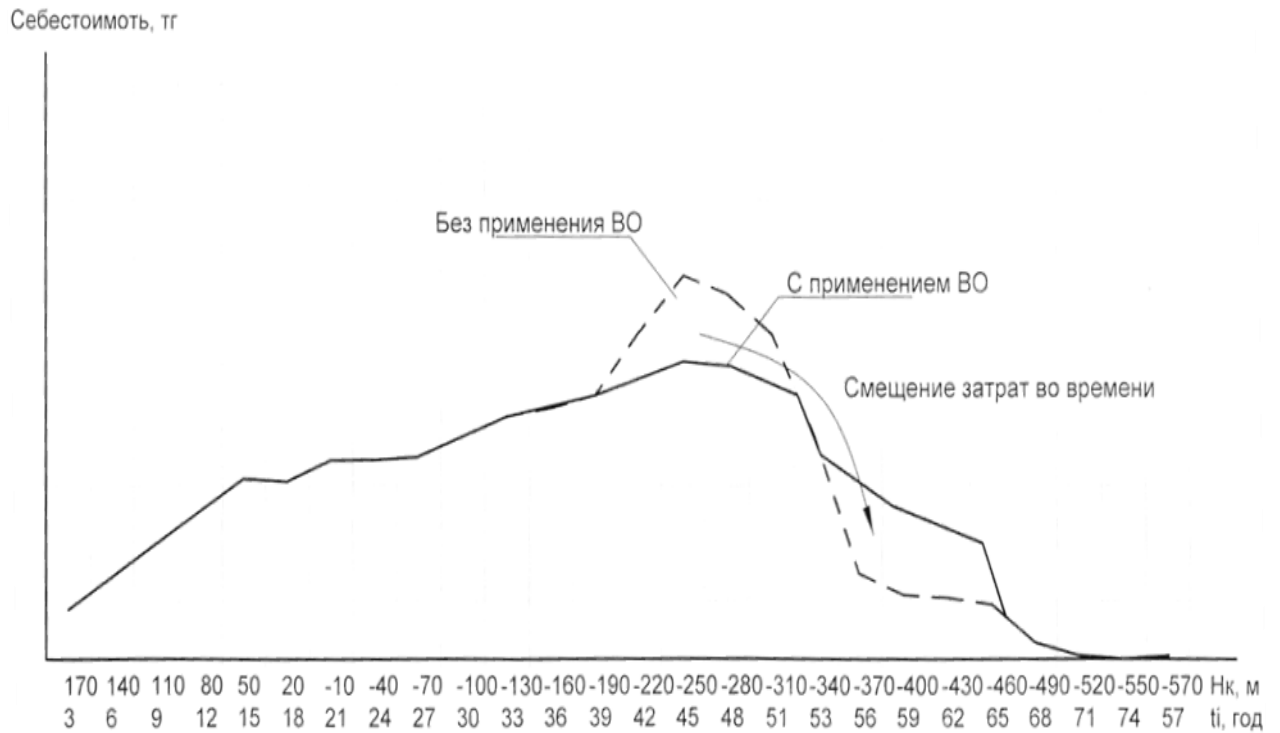


Рисунок 4.13 – График изменения себестоимости с применением временного отвала и без него для Качарского карьера

4.3 Построение и оптимизация календарных графиков режима горных работ для карьера АО «Костанайские минералы»

Рассмотрим для примера разрез № 27 Джетыгаринского асбестового месторождения (Рисунок 4.5) и выполним для него горно-геометрический анализ.

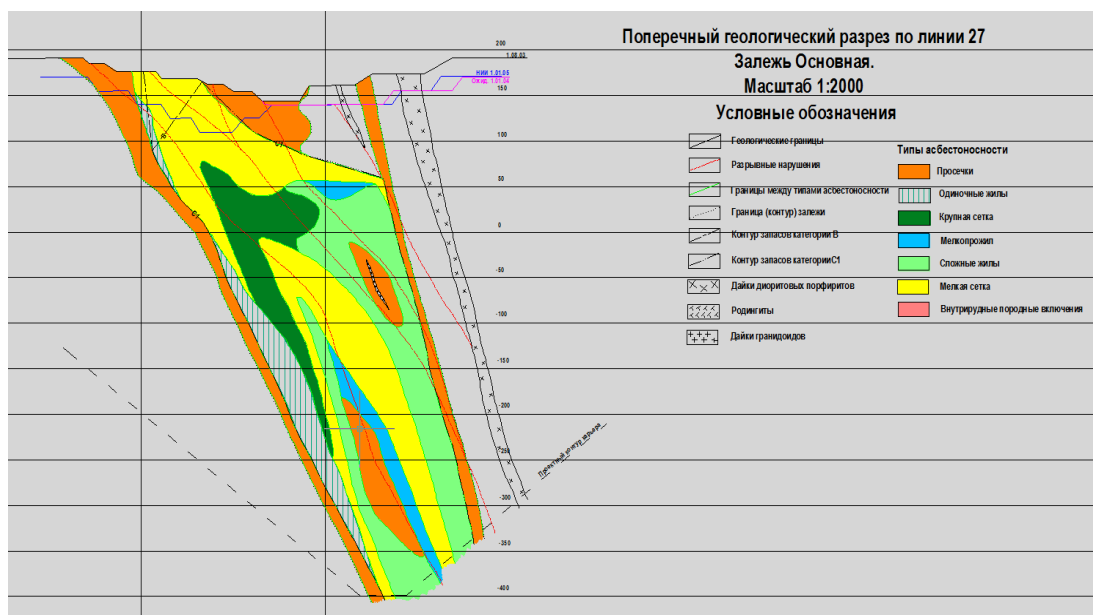


Рисунок 4.14 – Разрез № 27 Джетыгаринского асбестового месторождения

Для выполнения горно-геометрического анализа разрез по линии №27 разделен на этапы отработки высотой 30 метров, и выполнен подсчет объемов руды и вскрыши в пределах этапов отработки по данному разрезу при максимальном угле наклона рабочего борта, который принят усредненным для всей рабочей зоны – $\varphi = 17^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$ (в соответствии с рисунками 4.15 и 4.16).

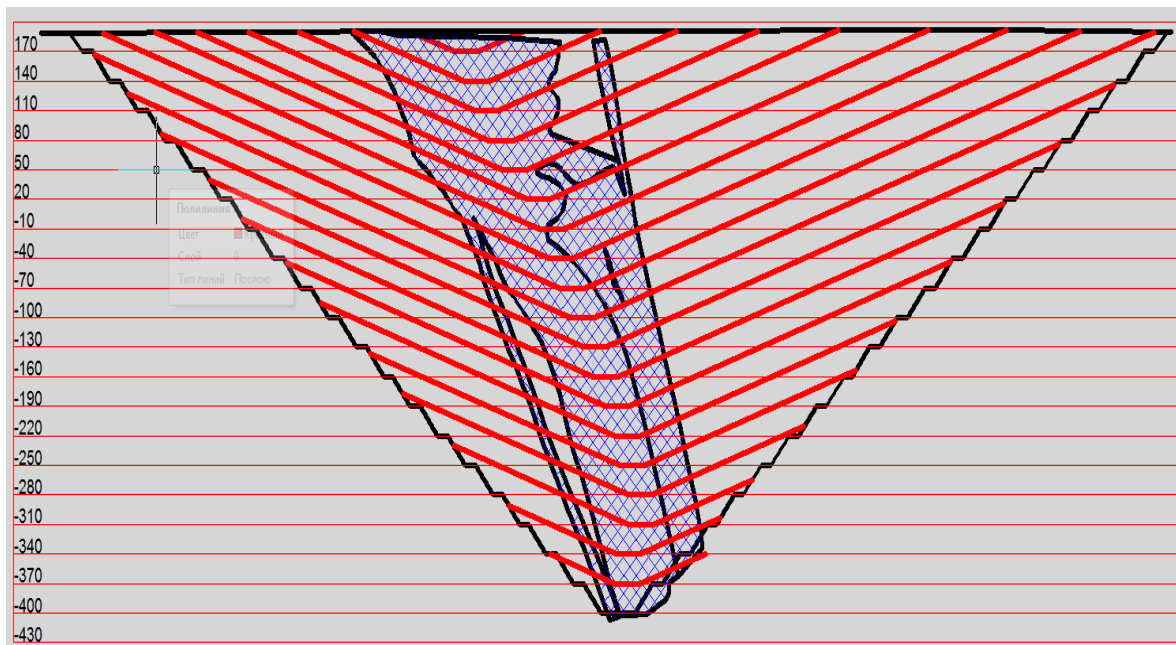


Рисунок 4.15 – Разрез для подсчета объемов при $\varphi = 17^\circ$

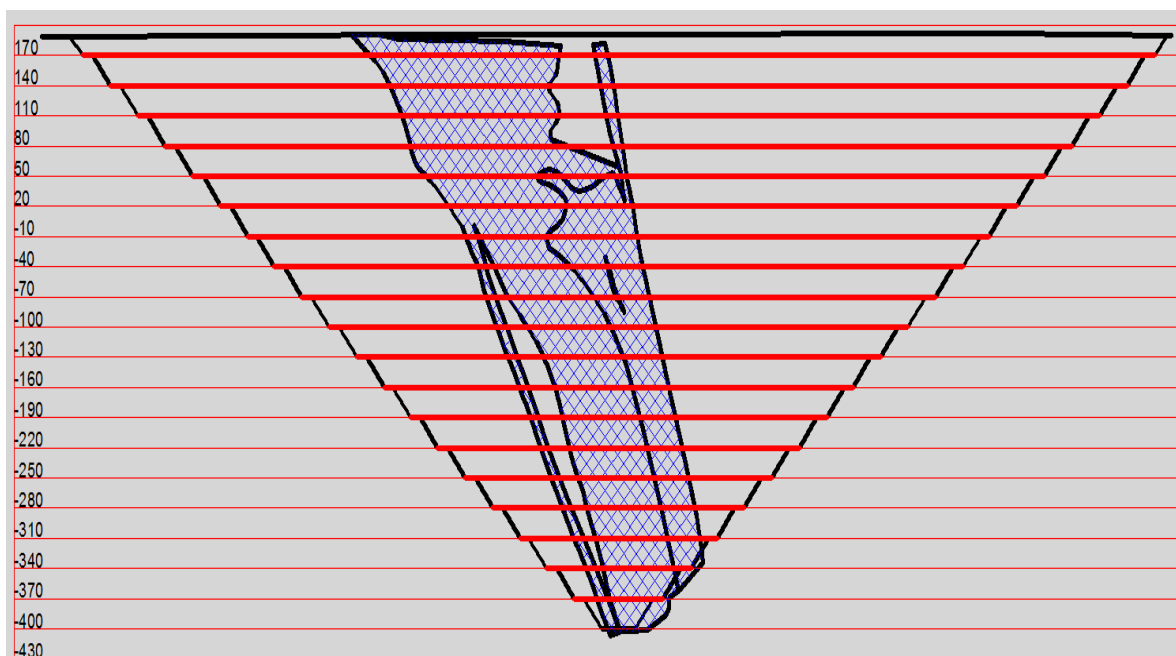


Рисунок 4.16 – Разрез для подсчета объемов при $\varphi = 0^\circ$

Погоризонтные объемы горной массы, руды и вскрыши приведены в таблицах 4.4 и 4.5 соответственно для $\varphi = 17^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$.

Таблица 4.4 – Погоризонтные объемы горной массы, руды и вскрыши при $\varphi = 17^\circ$ на расчетном разрезе

Горизонт	$V_{ГМ}, \text{ тыс.м}^3$	$V, \text{ тыс.м}^3$	$P, \text{ тыс.м}^3$
170	208,2	57,5	150,7
140	786,1	163	623,1
110	1354,2	530,2	824
80	1919,3	1182,1	737,2
50	2491,1	1797,4	693,7
20	3066,4	2249,8	816,6
-10	3627,5	2767,5	860
-40	4151,2	3371,3	779,9
-70	4415,2	3714,8	700,4
-100	4411,8	3757,7	654,1
-130	3966,9	3352,9	614
-160	3518,7	2950,9	567,8
-190	3092,8	2556,2	536,6
-220	2664,2	2140,3	523,9
-250	2278,6	1750,5	528,1
-280	1889,3	1375,7	513,6
-310	1509,1	996,3	512,8
-340	1143,7	660,9	482,8
-370	716	282,5	433,5
-400	360,6	136,3	224,3

Таблица 4.5 – Погоризонтные объемы горной массы, руды и вскрыши при $\varphi = 0^\circ$ на расчетном разрезе

Горизонт	$V_{ГМ}, \text{ тыс.м}^3$	$V, \text{ тыс.м}^3$	$P, \text{ тыс.м}^3$
170	3254,9	2908,3	346,6
140	4465	3711,1	753,9
110	4226,6	3539,6	687
80	3988,8	3347,9	640,9
50	3749,8	2915	834,8
20	3509,5	2679,9	829,6
-10	3277,6	2516,8	760,8
-40	3051,5	2349,1	702,4
-70	2813,1	2156,5	656,6
-100	2574,7	1951,7	623
-130	2336,3	1760	576,3
-160	2092,9	1548,5	544,4
-190	1873,6	1347,7	525,9

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4
-220	1635,7	1114	521,7
-250	1396,8	879,8	517
-280	1158,5	651,2	507,3
-310	925,4	426,2	499,2
-340	699,8	230,7	469,1
-370	460,1	134,1	326
-400	223,1	47,2	175,9

Для построения графика усреднения текущего коэффициента пересчи- объемы горной массы, руды и вскрыши таблиц 4.4 и 4.5 на соответствующие нарастающие объемы при $\varphi = 17^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$ и сведены в общую таблицу 4.6.

Таблица 4.6 – Нарастающие объемы руды и вскрыши при $\varphi = 17^\circ$ и $\varphi = 0^\circ$ на расчетном разрезе

Гор.	$\varphi = 17^\circ$		$\varphi = 0^\circ$	
	V, тыс.м ³	P, тыс.м ³	V, тыс.м ³	P, тыс.м ³
170	208,2	150,7	3254,9	346,6
140	994,3	773,8	7719,9	1100,5
110	2348,5	1597,8	11946,5	1787,5
80	4267,8	2335	15935,3	2428,4
50	6758,9	3028,7	19685,1	3263,2
20	9825,3	3845,3	23194,6	4092,8
-10	13452,8	4705,3	26472,2	4853,6
-40	17604	5485,2	29523,7	5556
-70	22019,2	6185,6	32336,8	6212,6
-100	26431	6839,7	34911,5	6835,6
-130	30397,9	7453,7	37247,8	7411,9
-160	33916,6	8021,5	39340,7	7956,3
-190	37009,4	8558,1	41214,3	8482,2
-220	39673,6	9082	42850	9003,9
-250	41952,2	9610,1	44246,8	9520,9
-280	43841,5	10123,7	45405,3	10028,2
-310	45350,6	10636,5	46330,7	10527,4
-340	46494,3	11119,3	47030,5	10996,5
-370	47210,3	11552,8	47490,6	11322,5
-400	47570,9	11777,1	47713,7	11498,4

График изменения коэффициента вскрыши в течение отработки приво- дится на рисунке 4.17.

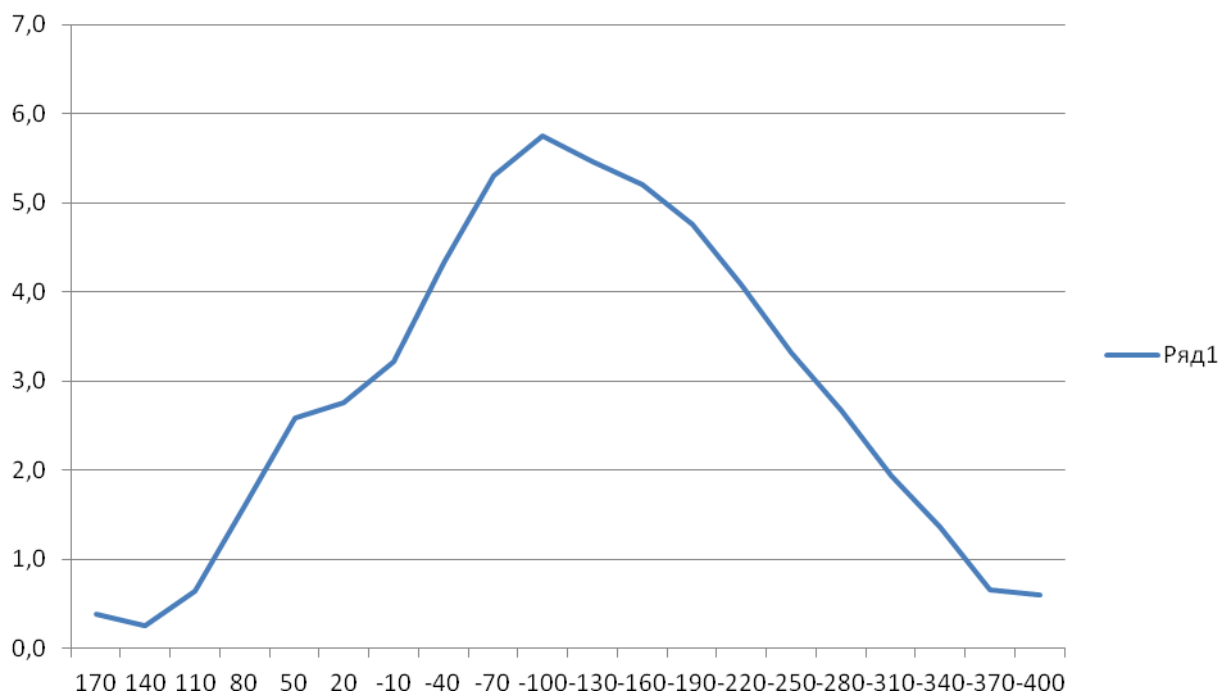


Рисунок 4.17 – График изменения коэффициента вскрыши в течение отработки

График изменения объемов руды и вскрыши по периодам эксплуатации показан на рисунке 4.18.

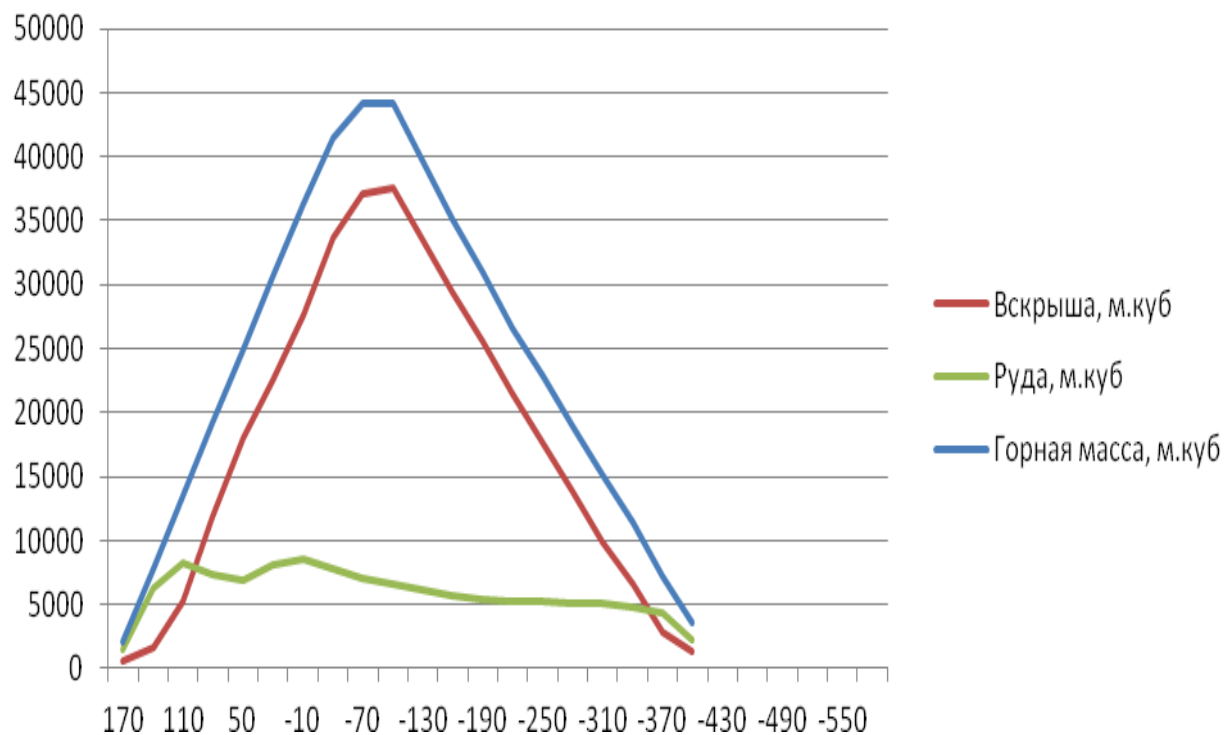


Рисунок 4.18 – График изменения объемов руды и вскрыши по периодам эксплуатации

Для определения усредненного значения текущего коэффициента вскрыши на основании данных таблицы 4.6 был построен график $\Sigma V = f(\Sigma P)$ (В соответствии с рисунком 4.19).

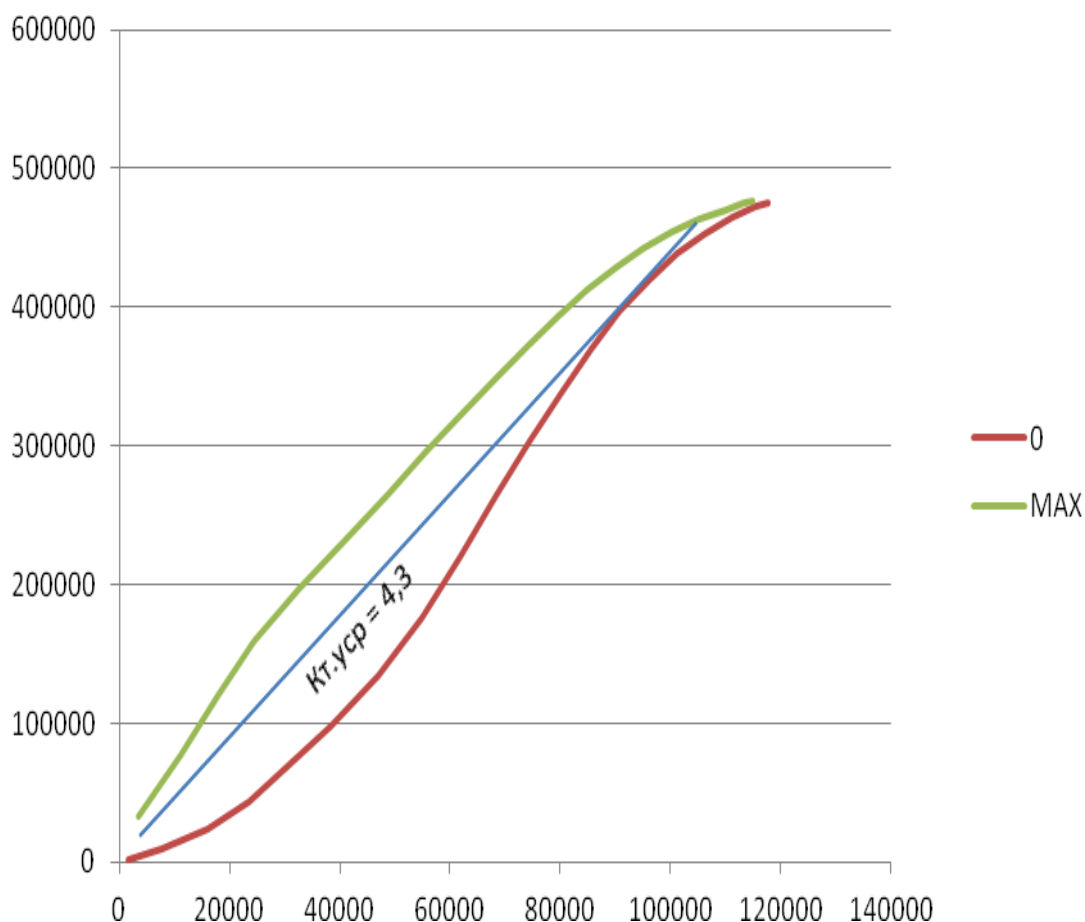


Рисунок 4.19 – График $\Sigma V = f(\Sigma P)$

При построении календарного графика отработки месторождения с учетом усреднения предполагается перераспределение объема вскрыши в количестве 8,2 млн кубов для данного участка карьера начиная с 20-го года эксплуатации, которые должны будут быть отработаны или вывезены из карьера в случае временного внутреннего отвалообразования в период с 39-го года эксплуатации по 59-й (Рисунок 4.20).

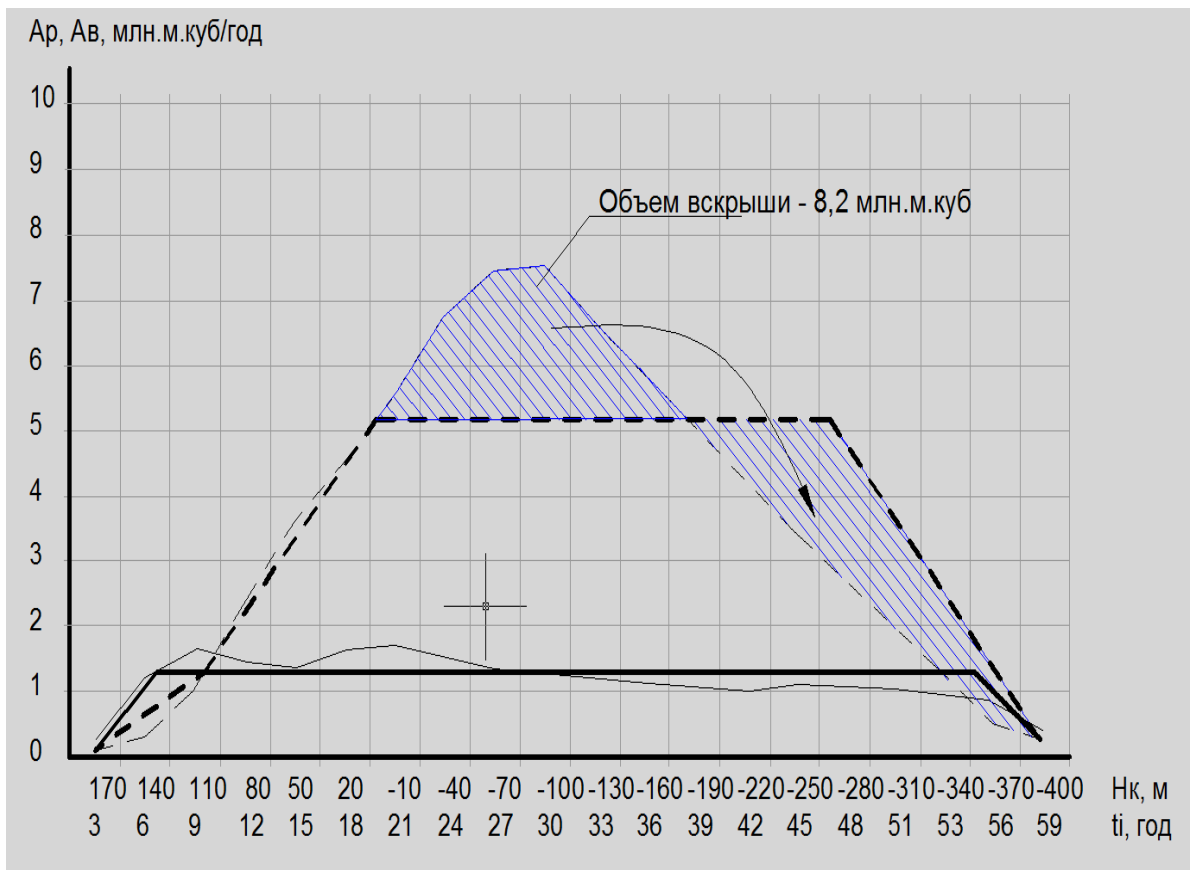


Рисунок 4.20 – Календарный график отработки с учетом усреднения
 Построение календарного плана для АО «Костанайские минералы»

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При работе крупных и средних карьеров возникает необходимость в регулировании режима горных работ, так как при отсутствии последнего пик производительности по вскрыше приходится на средний период срока эксплуатации и продолжается 2-3 года. Остальное время производительность по вскрыше планомерно растет, затем спадает. Кроме того, ввиду небольшого периода работы с максимальной мощностью созданная мощная инфраструктура предприятия эксплуатируется с неполной нагрузкой. Возникает необходимость в поиске технических решений, позволяющих более равномерно распределить объемы горной массы в течение срока эксплуатации. В настоящее время известны два способа регулирования режима горных работ. Первый заключается в переносе времени отработки пиковых объемов вскрышных работ на более ранний период времени за счет интенсификации вскрышных работ на ранних этапах развития карьера. Существенным недостатком способа является перенос срока отработки значительных объемов вскрыши за счет заемных средств. Второй способ заключается в переносе времени отработки пиковых объемов на более позднее время за счет организации временно нерабочих бортов. Это более сложный способ регулирования режима горных работ, поскольку подразумевает переход на другую технологическую схему ведения горных работ в период расконсервации борта. В качестве инновационной альтернативы решения проблемы распределения объемов вскрыши и, соответственно, текущих расходов может быть предложено применение временных внутренних отвалов.

На основании произведенного анализа известных методов регулирования режима открытых горных работ установлено, что возможность временного отвалообразования вскрышных пород в условиях глубоких карьеров с целью получения экономического эффекта не рассматривалась. Явными преимуществами временного отвалообразования являются: снижение себестоимости добычи руды на период низкой цены на продукцию за счет снижения затрат на перевозку вскрыши и отказ от организации громоздкого вскрышного перегрузочного склада в стесненной рабочей зоне. Однако, основной недостаток состоит в том, что вскрыша подвергается двойной перевалке, поэтому необходимо провести исследования и выявить возможность организации временных внутренних отвалов в рабочей зоне карьеров. Временное внутреннее отвалообразование можно применять как на строящемся карьере, так и при доработке глубоких карьеров, при этом форма, углы откоса и высота ярусов, размеры площадок отвалов должны обеспечивать впоследствии техническую возможность его отработать по стандартной технологии без ее изменения имеющимся оборудованием, без привлечения дополнительных средств механизации и разработки специальных методов. Внутренний отвал при выборе соответствующего места расположения может являться стабилизирующим фактором при наличии в карьере зон с неустойчивым положением бортов. Сформулированные новые требования к технологии временных внутренних отвалов на открытых горных работах позволяют перейти к разработке новых технологических схем ведения горных

работ. Технические решения по организации временных отвалов не могут быть предусмотрены проектами в силу неполной определенности условий работы карьеров на стадии проектирования. При эксплуатации карьера по утвержденному проекту технология организации отвалов должна приниматься на основе текущего состояния горных работ и планируемого режима горных работ на период существования временного отвала с учетом фактора времени и определением срока окупаемости дополнительных затрат, обусловленных перегрузом вскрыши. На основании проведенного горно-геометрического анализа выявлены объемы вскрыши, которые можно разместить во временных отвалах для ряда горнодобывающих предприятий Республики Казахстан.

Организации на карьере временного отвала влечет за собой уменьшение среднего расстояния транспортирования, перераспределение вскрышных грузопотоков, а также необходимость перераспределения имеющегося парка карьерных автосамосвалов по вскрышным забоям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Трубецкой К.Н., Краснянский Г.Д., Хронин В.В., Коваленко В.С. Проектирование карьеров. – М.: Высшая школа, 2009. – 694с.
- 2 Арсентьев А.И. Обоснование производительности и границ карьеров. – М.: Недра, 1970. - 320 с.
- 3 Ржевский В.В. Открытые горные работы. Технология и комплексная механизация. - М.: Либроком, 2014. – 552 с.
- 4 Арсентьев А.И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. – М.: Недра, 1981. - 278 с.
- 5 Майминд К.А., Кумачев В.Я. Проектирование железорудных карьеров. – М.: Недра, 1981. – 457 с.
- 6 Юдин А.В. Теория и технические решения транспортно-перегрузочных систем в карьерах. Научная монография. – Екатеринбург: УГГУ, 2011. – 507 с.
- 7 Фионин Е.А. Вскрытие крутопадающих месторождений при использовании железнодорожного транспорта. //Региональная научно-практическая конференция «Роль учебных заведений, предприятий и бизнес структур моногородов в реализации индустриально-инновационного развития Республики Казахстан», посвященной 55-летию города Рудного. - Рудный, 2012. - С. 556-563.
- 8 Новожилов М.Г., Тартаковский Б.Н., Четверик М.С. Горно-геометрический анализ и режим горных работ карьеров. - Киев: Наукова думка, 1977. - с. 87-83.
- 9 Гавришев С.Е., Носов А.Н., Сидоренко В.Н. Расчет параметров системы разработки при развитии фронта работ карьера по одноходовой спирали.// Изв. вузов. Горный журнал. Свердловск. - № 6, 1991. - с. 26-30.
- 10 Правила обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов, ведущих горные и геологоразведочные работы. Утверждены приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 352 – 440 с.
- 11 Холодняков Г.А., Тетерин Д.В. Причины образования временно нерабочих бортов карьера и способ их расконсервации с помощью создания насыпной призмы // Записки Горного института. - Т.172 – Санкт-Петербург, 2007 – С. 117-120.
- 12 Richard A. Brealey, Stewart C. Myers and Franklin Allen. Principles of Corporate Finance, 8th Edition. McGraw-Hill/Irwin, 2006
- 13 Belyakov.N. Selection of economic criteria for open pit development modeling. AusIMM Bulletin #6. Desember.2013, Carlton Victoria Australia;
- 14 Сысоев А. А., Литвин Я. О. О планировании объемов автомобильной вскрыши для размещения во временных отвалах, // Вестник Кузбасского ГТУ. - 2011. - № 4. - С 45÷47
- 15 Пшеничный В.Г. Определение рационального режима горных работ и внутреннего отвалообразования для карьеров, разрабатывающих крутопа-

дающие месторождения // Вестник Криворожского Национального Университета. - 2012. - Вып. 31. – С. 26-28.

16 Ракишев Б.Р., Молдабаев С.К. Ресурсосберегающие технологии на открытых горных работах. Учебное пособие. – Алматы: КазНТУ, 2015 – 152 с.

17 Шеметов П.А., Сытенков В.Н., Коломников С.С. Разработка крутопадающего месторождения открытым способом с поэтапным внутренним отвалообразованием // Горный журнал - 2007. - №5. - С. 27-30.

18 Саканцев Г. Г., Ческидов В. И. Установление области применения внутреннего отвалообразования при открытой разработке крутопадающих месторождений полезных ископаемых // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. - №3. – С.87-95.

19 Хохряков В.С. Проектирование карьеров. – М.: Недра, 1980. – 336 с.

20 Курленя М.В., Медведев М.Л., Колдырев Ю.И., Кисляков В.Е. Технология разработки нижней части карьерного поля с внутренним отвалообразованием на крутопадающих месторождениях // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2008. - №9. - С. 214-223.

21 Трубецкой К.Н. Пешков А.А., Мацко Н.А. Определение области применения способов разработки крутопадающих залежей с использованием заранее сформированного выработанного пространства карьера // Горный журнал. - 1994. - № 1. - С. 51-59.

22 Дриженко А.Ю. Этапная разработка пород вскрыши железорудных карьеров крутонаклонными выемочными слоями // Горный журнал. – 2011. – №2. - С. 25-28.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Рудненский индустриальный институт

РАССМОТРЕНО

На заседании кафедры МиГД

Пр. № ___ от _____ 2018 г.

Зав. кафедрой _____ С.Л.Кузьмин

ОДОБРЕНО

На заседании МКФ ГМФ

Пр. № ___ от _____ 2018 г.

Председатель МКФ _____ Г.В.Скалозубова

УТВЕРЖДЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО к изданию

На заседании УМС

Пр. № ___ от _____ 2018 г.

Председатель УМС _____ Л.Л.Божко

Кафедра Metallургии и горного дела
Кузьмин С.Л., Фионин Е.А., Моисеев В.А.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Способы регулирования режима горных работ
при открытой разработке месторождений полезных ископаемых

для специалистов в области открытой добычи полезных ископаемых, студентов и преподавателей горных ВУЗов

Рудный 2018