

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

имени К.И.Сатпаева

УДК 622.271.326.043

На правах рукописи

Багдатов Темирлан Ерланович

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

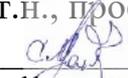
на соискание степени магистра технических наук

Название диссертации Исследование перспектив эффективного применения комплексов циклично-поточной технологии на угольном разрезе «Восточный».

Специальность 7M07203- Горная инженерия

Научный руководитель

д.т.н., профессор

 С.К.Молдабаев

« 11 » 06 2021г.

Рецензент

PhD, научный сотрудник ИГД

им. Д.А. Кунаева

_____ Съедина С.А.

« _____ » _____ 2021г.

Нормоконтроль

к.т.н., сениор лектор

 Ахметканов Д.К.

« 15 » 06 2021г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав.кафедрой Горное дело, д.т.н.,

профессор

 С.К.Молдабаев

« 11 » 06 2021г.

Алматы 2021г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет

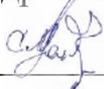
имени К И Сатпаева

Специальность

7М07203- Горная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Зав.кафедрой ГД, д.т.н., профессор

 С.К.Молдабаев

« _____ » _____ 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Багдатову Темирлану Ерлановичу*

Тема: Исследование перспектив эффективного применения комплексов циклично-поточной технологии на угольном разрезе «Восточный».

Утверждена приказом руководителя университета № 330-М от 11.11.2019г.

Срок сдачи законченной работы «16» июня 2021 г.

Исходные данные магистерской диссертации: предложена рекомендуемая циклично-поточная технология за счет обустройства крутонаклонного конвейера, которая снизит объемы горно-подготовительных работ, себестоимость добычи и повысит производительность труда.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием материалов горнотехнической литературы, проведением расчетов

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов :

- Анализ и обобщение схем циклично-поточной технологии

- Технологии горных работ на разрезе «Восточный»
- Рекомендуемая технология горных работ на действующем комплексе разреза «Восточный»

Рекомендуемая основная литература:

1. Ракишев Б.Р., Молдабаев С.К. Повышение мощности разреза «Восточный» при различном падении пластов // Горный информационно аналитический бюллетень, № 5 - М.: Издательство «Горная книга», 2012. С. 61-66.

2. Молдабаев С.К., Бабий Е.В., Т.И.Акилбаев. Моделирование проектирования реконструкции горнотранспортной системы при вытянутых карьерных полях. ISSN 1607-4556 (Print), ISSN 2309-6004 (Online) Геотехнічна механіка. 2016. №130, с. 144-158.

3. Журавлев А.Г., Семенкин А.В. Оценка эффективности циклично-поточной технологии в условиях современных карьеров. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 10. 80–90

4. Дриженко А.Ю., Молдабаев С.К., Анисимов О.А., Никоненко А.В. Исследование эффективности использования крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах. //Горный журнал Казахстана – Алматы, 2015. - №5.с.36-41

5. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах// Горный журнал. – 2011-№8.с.34-37

ГРАФИК
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Введение		
Современное состояние циклично-поточной технологии		
Технологии горных работ на разрезе «Восточный»		
Совершенствование методов обоснования параметров их грузопотоков при использовании циклично-поточной технологии		
Заключение		

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование раздела	Научный руководитель, консультант	Дата подписания	Подпись
Введение	С.К.Молдабаев		
Современное состояние циклично-поточной технологии		11.06.21	
Технологии горных работ на разрезе «Восточный»		10.06.21	
Совершенствование методов обоснования параметров их грузопотоков при использовании циклично-поточной технологии		11.06.21	
Заключение			
Нормоконтролер	Д.К.Ахметканов	15.06.21	

Научный руководитель _____



С.К. Молдабаев

Задание принял(а) к исполнению магистрант _____

Т.Е.Багдатов

Дата « 11 » _____ 06 2021 г

АҢДАТПА

Бұл диссертациялық жұмыста Қазақстанның терең карьерлерінде, атап айтқанда "Восточный"разрезінде циклдік-ағындық технологияны (ЦАТ) тиімді енгізу мәселесі қарастырылады. Жылжымалы ұсақтау қайта тиеу кешендерімен циклдік-ағындық технологияның ғылыми негізделген схемаларын қолдануға талдау жасалды . Карьерлердің тік борттарында крутонаклонды конвейерлерді қолдануды талап ететін ЦАТ-ға ауысудың тиімділігі анықталды. "Восточный" разрезінің жұмыс істеп тұрған кешеніндегі тау-кен жұмыстарының ұсынылатын технологиясы, ол тау-кен-құрылыс жұмыстарына, аршу және өндіру жұмыстарына күрделі салымдарды азайтуға ықпал етеді, соның арқасында елеулі экономикалық әсерлерге қол жеткізіледі

АННОТАЦИЯ

В данной диссертационной работе рассматривается проблема эффективного внедрения циклично-поточной технологии (ЦПТ) на глубоких карьерах Казахстана, а именно в разрезе «Восточный». Выполнен анализ применения научно-обоснованных схем циклично-поточной технологии с передвижными дробильными перегрузочными комплексами. Установлена эффективность перехода на ЦПТ, который требует применение крутонаклонных конвейеров на крутых бортах карьеров. Рекомендуемая технология горных работ на действующем комплексе разреза «Восточный», который способствует уменьшению капитальных вложений на горно-строительные работы, вскрышных и добычных работ, благодаря чему достигаются значительные экономические эффекты

ANNOTATION

In this dissertation work, the problem of effective implementation of cyclic flow technology (CFT) in deep quarries of Kazakhstan, namely in the "Vostochny" section, is considered. The analysis of the application of scientifically-based schemes of cyclic-flow technology with mobile crushing reloading complexes is carried out. The efficiency of the transition to the CFT, which requires the use of steeply inclined conveyors on the steep sides of quarries, is established. Recommended mining technology at the existing complex of the Vostochny section, which helps to reduce capital investment in mining and construction works, overburden and mining operations, thereby achieving significant economic effects

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. Современное состояние циклично-поточной технологии	11
1.1. Задачи и методы исследования	11
1.2. Применение крутонаклонных ленточных конвейеров	13
1.3. Экскаваторно-автомобильные комплексы для схем циклично-поточной технологии	16
2. Технологии горных работ на разрезе «Восточный».	23
2.1 Горно-геологическая характеристика месторождения	23
2.2. Поточная технология добычи угля на разрезе «Восточный» перед переходом к ЦПТ на вскрыше	28
3. Совершенствование методов обоснования параметров их грузопотоков при использовании циклично-поточной технологии	39
3.1. Математическое описание характеристик и параметров систем технологических процессов карьера	39
3.2. Обоснование конструктивных особенностей передвижных дробильно-перегрузочных комплексов	47
3.3. Разработка перспективных схем вскрытия на базе циклично-поточной технологии с учетом рекомендуемых технологий горных работ на разрезе «Восточный»	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	55

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от спроса на тот или иной вид сырья, запасов и условий залегания месторождений полезных ископаемых, их разработка ведется горнодобывающими предприятиями различной мощности. Основное большинство крупных месторождений в стране и в мире эксплуатируются высокопроизводительными предприятиями. Для условий мощных глубоких карьеров характерной является особо высокая ответственность при проектировании, планировании и управлении горными работами.

Одной из основных задач для мощных глубоких карьеров является обоснование рационального сочетания основного технологического оборудования в комплексах, формирующих структуру комплексной механизации карьера.

Актуальность темы исследования. При открытой разработке полезных ископаемых все более широкое распространение находит циклично-поточная технология (ЦПТ), позволяющая существенно сократить дальность транспортирования горной массы за счет применения ленточных конвейеров с углами наклона до 16-18°, снизить себестоимость транспортирования горной массы на 30-40%, поднять производительность труда в 1,4-2 раза. Суть циклично-поточной технологии заключается в применении для транспортирования разрабатываемых скальных пород конвейеров, при этом погрузка их ведется циклическим способом, а доставка – либо непосредственно поточным видом транспорта, либо комбинированным (сборочный транспорт - циклический, основной технологический - поточный).

Цель исследования состоит в исследовании перспектив эффективного применения комплексов циклично-поточной технологии на угольном разрезе «Восточный».

Идея научной работы заключается в применении научно-обоснованных схем циклично-поточной технологии с передвижными дробильными перегрузочными комплексами.

Основные задачи научной работы обусловлены реализацией научной идеи, целью исследования и заключаются в следующем:

- Анализ и обобщение схем циклично-поточной технологии
- Технологии горных работ на разрезе «Восточный»
- Рекомендуемая технология горных работ на действующем комплексе разреза «Восточный»

Предметом исследования является эффективность выбора технологии горных работ, позволяющая снизить себестоимость добычи и повысить производительность труда.

Объектом исследования являются ресурсы минерального сырья Казахстана, представленные угольным месторождением на разрезе «Восточный».

Методы исследования. В работе использован комплексный метод исследований, включающий математическое моделирование, аналитические, статистические обработки результатов исследований.

Научная новизна. Предложена рекомендуемая циклично-поточная технология за счет обустройства крутонаклонного конвейера, которая снизит объемы горно-подготовительных работ.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием материалов горнотехнической литературы, проведением расчетов.

Апробация диссертации. Основные положения диссертации и результаты исследований были доложены в журнале «Горный журнал Казахстана» №5, 2021г по теме «Development perspectives of cyclic and continuous method».

Во введении раскрыта актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, определены его научная новизна и практическая значимость.

В первой главе описано современное состояние циклично-поточной технологии.

Во второй главе рассмотрены технологии горных работ на разрезе «Восточный». Поточная технология добычи угля на разрезе «Восточный» перед переходом к ЦПТ на вскрыше.

В третьей главе приведены математические характеристики и параметры систем технологических процессов карьера, а также разработка перспективных схем вскрытия на базе циклично-поточной технологии с учетом рекомендуемых технологий горных работ на разрезе «Восточный».

В заключении приведены основные выводы и предложения по результатам исследований.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованных источников. Она изложена на 56 страницах машинописного текста, содержит 21 рисунок, 4 таблицы, список использованной литературы из 14 наименований.

1. Современное состояние циклично-поточной технологии

1.1. Задачи и методы исследования

Циклично-поточная технология (ЦПТ) — перспективное направление разработки глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых, предусматривающее использование для перемещения горной массы комбинации с конвейерным автомобильного и железнодорожного видов транспорта. В мире преимущественное применение на карьерах получил комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт, имеющий возможность наиболее полно адаптироваться к условиям разработки глубоких горизонтов карьера. ЦПТ с автомобильно-конвейерным транспортом впервые использована на железорудных карьерах США в конце 30-х годов прошлого столетия. Более широко такая технология за рубежом начала распространяться после 40-х годов. В развитии автомобильно-конвейерного транспорта на зарубежных карьерах выделены два этапа: 1945 - 1960 и 1961 - 1970 гг. [1]. Особенности этих этапов характеризуются объемами перевозок, конструктивным исполнением и параметрами оборудования дробильно-конвейерных комплексов, сборочного автотранспорта и выемочно-погрузочного звена.

Некоторые особенности развития и совершенствования комплексов ЦПТ на отечественных и зарубежных карьерах приведены в табл. 1.

Таблица 1- Тенденции развития циклично-поточной технологии на карьера

Период, год	Объем перевозок, млн т (вид п. и.)	Расстояние транспортирования, км		Оборудование
		сборочным транспортом	конвейерным транспортом	
1945 - 1960	4 - 5 (медная и железная руды)	0.3 - 1 (иногда до 3)	0.3 - 3 (максимальное 12)	Экскаваторы с вместимостью ковша 3 - 4 м ³ ; автосамосвалы грузоподъемностью 20 - 34 т (редко 40 - 45 т); щековые дробилки с приемным отверстием 1000*1200, 1200*1500, 1524*2183 мм, ленточные конвейеры с шириной ленты 760 и 914 мм со скоростью движения до
1961 - 1970	До 20 - 25 (медная и железная руды)	0.4 - 2 (иногда до 3)	0.4 - 3.8 (максимальное 15.4)	Экскаваторы с вместимостью ковша 11, 19, 23 м; автосамосвалы грузоподъемностью 65 - 85 т (иногда 110 - 120 т); колуновые дробилки с шириной приемного отверстия 1372 - 1524 мм; ленточные конвейеры с шириной ленты 814 - 1524 мм (преимущественно 1200, 1372, 1524 мм) со скоростью движения 2 - 4 м/с

1971 – 2000	До 22 - 36 (медная, железная руды, скальные вскрышные породы)	1.2 - 2.5	1.5 - 3	Экскаваторы с вместимостью ковша 8, 19, 23 м ³ ; автосамосвалы грузоподъемностью 75 - 110, 120 - 138 т; конусные дробилки с шириной приемного отверстия 1370 - 1524 мм (до 2769 мм); щековые дробилки с приемным отверстием 1500*2100 мм; передвижные дробильноперегрузочные установки; ленточные конвейеры с шириной ленты 1600 - 2000 мм со скоростью движения до 4 - 5 м/с; крутонаклонные ленточные конвейеры с лентой шириной 2000 мм
После 2000	ЦПТ получила широкое распространение. Введены в эксплуатацию комплексы ЦПТ: для перемещения скальных вскрышных пород; с передвижными ДПУ; с крутонаклонным двухконтурным конвейером, поднимающим руду из карьера под углом 37° на высоту 270 м. Основные направления развития ЦПТ сохраняются			

Поэтому комбинирование колесного транспорта с конвейерным, находит отражение в различных способах организации циклично-поточной технологии разработки месторождения. Так, например, схему организации циклично-поточной технологии карьера с автомобильно-конвейерным транспортом и дробильно-перегрузочными пунктами, представленную на рис. 1, целесообразно применять на глубоких карьерах при углубочной системе разработки, позволяя обеспечивать большие грузопотоки.

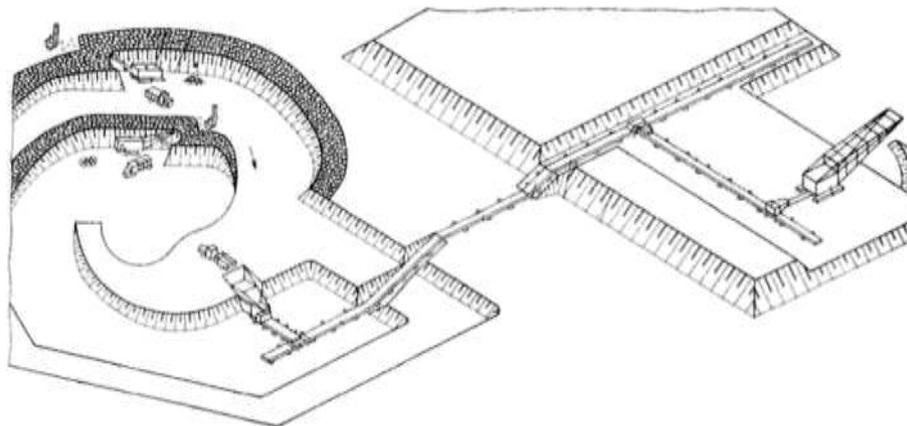


Рисунок 1- Схема карьера с автомобильно-конвейерным транспортом и дробильно-перегрузочным пунктом для руды и породы [1]

На дробильно-перегрузочный пункт горная масса доставляется от забоев автосамосвалами и после дробления поступает на систему конвейеров. Порода транспортируется магистральными и отвальными конвейерами на обогатительную фабрику и на отвалообразователь. Следующая рассмотренная схема (рис. 2), предложена акад. Н.В. Мельниковым, как наиболее простой технологический комплекс «экскаватор-карьер» [2].

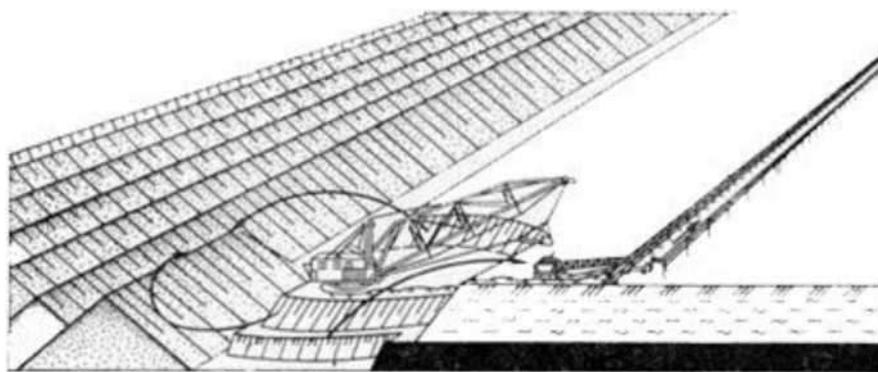


Рисунок 2- Схема технологического комплекса «экскаватор-карьер»

Вскрышные и добычные работы в этом случае выполняются поочередно одним драглайном, установленным на поверхности или на промежуточном горизонте. Полезное ископаемое отгружается через самоходный бункер-перегрузатель, вместимость которого должна быть в 8-10 раз больше емкости ковша драглайна [2]. А пустые породы экскавируются в отвал в выработанное пространство.

1.2. Применение крутонаклонных ленточных конвейеров

Более 70 % полезных ископаемых в мире добывается открытым способом. Для поддержания и наращивания объемов добычи карьеры интенсивно развиваются вглубь и вширь. Глубина их часто превышает 400 м. В результате актуальность транспортирования полезных ископаемых и вскрышных пород из глубоких карьеров сильно возрастает.

В настоящее время признано, что перспективным способом подъема горной массы является переход на циклично-поточную технологию (ЦПТ), так как её эффективность с увеличением глубины карьеров только возрастает.

Вместе с тем традиционные ленточные конвейеры, допустимый угол подъёма которых 18–20° (то есть меньше углов откоса карьеров), необходимо располагать по диагонали борта карьера с образованием траншей и съездов между уступами.

Конвейеры, способные работать под углами подъёма, превышающими 18–20°, то есть крутонаклонные конвейеры, в частности крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой, широко известны в мире благодаря в частности успешно работающим установкам фирм «Continental Conveyor & Equipment Company», «Dos Santos International» (США), опытом работы карьеров «Майданпек» (Сербия) и «Мурунтау» (Узбекистан) [1–6].

Теоретическим обоснованием выбора параметров крутонаклонного конвейера с прижимной лентой в течение ряда лет достаточно успешно занимаются в Горном институте НИТУ «МИСиС», СПб Горном университете и ряде других.

Одним из наиболее прогрессивных видов транспорта, способных обеспечить высокую производительность труда и снижение себестоимости про

дукции при больших грузооборотах, является конвейерный транспорт. Однако дальнейшее расширение конвейеризации транспортных процессов сдерживается техническими возможностями обычных ленточных конвейеров, позволяющих транспортировать насыпные грузы при углах наклона не более $18-20^{\circ}$ и отсутствием высокопроизводительных конвейеров для вертикально перемещения штучных грузов.

Ленточные конвейеры типовых конструкций, предназначенные для транспортировки грузов, изготавливаются с углами наклона $16 - 20^{\circ}$, имеют, как правило, большую длину, занимают значительные полезные площади, что в производственных условиях неудобно и экономически невыгодно. Поэтому создание крутонаклонных конвейеров является перспективным и весьма целесообразным направлением. Одним из направлений повышения эффективности ленточных конвейеров является увеличение угла наклона конвейерной ленты, особенно при подъеме грузов на большие высоты.

Особенностью крутонаклонных конвейеров является надежное стопорение груза и лент в случае обрыва одной из них или отказа тормозов привода, применение специальной самоходной тележки для обслуживания крутонаклонной части конвейера, оснащенной необходимым инструментом, грузоподъемными средствами и местами для персонала, а также возможность размещения конвейеров на откосах уступов без предварительной подготовки промежуточных берм, включая, при необходимости, полное их исключение как площадок описания секций.

Эффективность использования крутого подъема определила достаточно широкое распространение крутонаклонных конвейеров в мировом производстве. Разработан и испытан специальный кольцевой питатель, рабочими элементами которого являются жесткие поверхности, выполненные из листовой стали. Отсутствие шарнирно сочлененных или гибких звеньев обеспечивают устройству высокую износостойчивость и прочность. Транспортирование под углами, близкими к углу естественного откоса материала, и развитая нижняя часть приемного бункера позволяют более, чем вдвое, снизить высоту загрузки питателя, а возможность дистанционного удаления (или разрушения) негабаритов без остановки транспортирования - повысить эксплуатационную производительность. Существует большое разнообразие конструкций крутонаклонных конвейеров. При их создании главным вопросом является вопрос удержания транспортируемого груза на ленте.

По этому признаку все конструкции крутонаклонных конвейеров можно разделить на несколько основных групп:

1. Конвейеры с гладкой лентой, имеющей форму глубокого желоба;
2. Конвейеры с профилированной лентой;
3. Конвейеры с прижимной лентой;



Рисунок 3. Крутонаклонный конвейер

Благодаря крутонаклонным конвейерам:

1. Удельные затраты доставки груза меньше на 50 % по сравнению с базовыми конвейерами.
2. Максимальная надежность машины (исключает травмы обслуживающего персонала при возможных аварийных ситуациях).
3. Затраты на приобретение конвейера меньше на 40 % в сравнении с базовыми конвейерами, благодаря снижению энерго и материалоемкости, уменьшению габаритов.
4. Крутонаклонный конвейер занимает на 25...50 % меньше площади в сравнении с типовыми конвейерами.
5. Сниженные потери груза благодаря отсутствию просыпей транспортируемого груза.

Таким образом, применение описанных крутонаклонных конвейеров оказывается значительно более выгодным (в сравнении с базовыми конвейерами) для предприятия, эксплуатирующего конвейерный транспорт.

1.3 Экскаваторно-автомобильные комплексы для схем циклично-поточной технологии

Границами разреза «Восточный» являются:

- геологическая граница между полями разрезов «Богатырь» и «Восточный»;
- разнос вскрышного рабочего борта разреза, сформированного в стационарное положение от кровли пласта 1 гор. - 200 м под углом 25°,
- геологическая граница между участками 12 и 11;
- действующая граница горного отвода по стационарному борту разреза.

В 2010 году добыча угля достигла 20,1 млн. т, объем вскрышных пород 27,2 млн. м³. Усложнение конструкции транспортной схемы путевого железно-дорожного развития и затруднения по выемке увеличивающихся объемов вскрыши с понижением горных работ сдерживают сроки освоения проектной мощности разреза «Восточный» в 25 млн. т в год. Поэтому впервые в условиях Экибастузского бассейна начала реализовываться крупная инвестиционная программа по внедрению на вскрышных работах циклично-поточной технологии.

При поточной добыче угля на месторождениях с наклонным залеганием угольных пластов довольно высока интенсивность ведения горных работ. Для объекта исследования, разреза «Восточный», результаты горно-геометрического анализа по проектной схеме развития горных работ при различном положении вскрышной зоны относительно вскрываемых пластов с глубины 200 м до глубины 350 м по состоянию горных работ на 01.01.11г. (рис. 4) приведены в табл. 2 и 3.

Этапы развития горных работ определены традиционным методом построения рабочего борта от разрезной траншеи на новом горизонте до пересечения с дневной поверхностью (рис. 4). Анализ табл. 2.4 и 2.5 показывает, что при ограничении развития добычных работ нет скачкообразных изменений значений текущего коэффициента вскрыши (рис. 5).

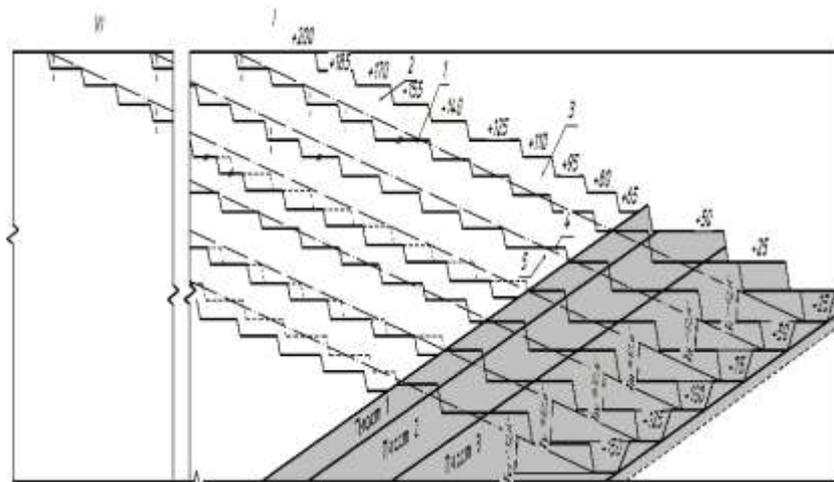
После ликвидации отставания вскрышных работ в период внедрения ЦПВК указанный показатель только возрастает. При этом, начиная с гор. – 75м, в каждом последующих двух этапах отработки его значения почти одинаковые с небольшим увеличением, но между этой парой смежных этапов отработки возрастает значительно (до 0,57 м³/т).

Таблица 2- Объемы вскрыши и запасы угля относительно возможного по положения рабочего борта на разрезе «Восточный»

№ этапа отработки	Горизонт этапа отработки, М	Длина фронта работ на вскрыше, м	Площадь вскрыши, м ²	Площадь угля, м ²	Объем вскрыши, тыс. м ³	Объем угля, тыс. м ³	Запасы угля, тыс. т	Коэффициент вскрыши, м ³ /т
I	-25	3209	20340	6262	65271,06	17533,6	28930,44	2,26
II	-50	3266	33630	14375	109835,58	40250	66412,5	1,65
III	-75	3323	36482,5	14375	121231,35	40250	66412,5	1,83
IV	-100	3380	36690	14375	124012,2	40250	66412,5	1,87
V	-125	3437	47120	14375	161951,44	40250	66412,5	2,44
VI	-150	3494	47850	14375	167187,9	40250	66412,5	2,52

Таблица 3- Объемы вскрыши и запасы угля относительно требуемого положения рабочего борта (на рисунке 2.1 не штрихованный контур)

№ этапа отработки	Горизонт этапа отработки, м	Длина фронта работ на вскрыше, м	Площадь вскрыши, м ²	Площадь угля, м ²	Объем вскрыши, тыс. м ³	Объем угля, тыс. м ³	Запасы угля, тыс. т	Коэффициент вскрыши, м ³ /т
I	-25	3209	20340	6262	65271,06	17533,6	28930,44	2,26
II	-50	3266	34245	14375	111844,17	40250	66412,5	1,68
III	-75	3323	40665	14375	135129,80	40250	66412,5	2,03
IV	-100	3380	31560	14375	106672,8	40250	66412,5	1,61
V	-125	3437	51285	14375	176266,55	40250	66412,5	2,65
VI	-150	3494	54060	14375	188885,64	40250	66412,5	2,84
Итого					784070,02		360992,94	2,17

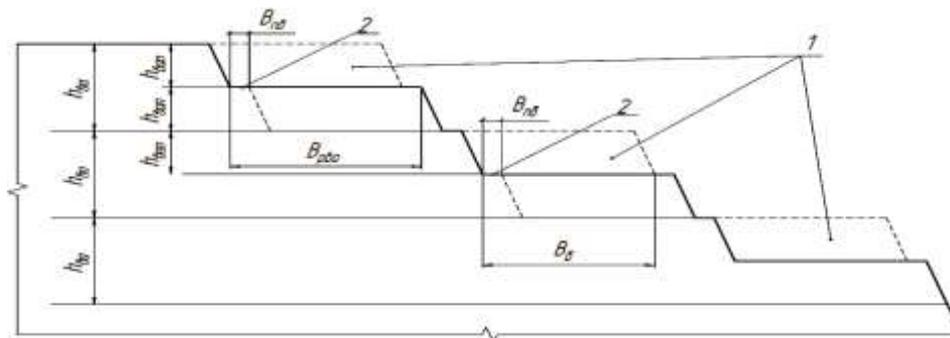


1 – уровень раздела вскрышной зоны, обрабатываемой экскаваторно-железнодорожными (2) и экскаваторно-автомобильными (3) комплексами; 4, 5 – соответственно заштрихованный возможный и требуемый контуры этапов отработки

Рисунок 4- Построение этапов отработки на характерном поперечном сечении разреза «Восточный»

Для переходного периода замены в нижней части вскрышной зоны железнодорожного транспорта на комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт зачастую характерно значительное отставание в развитии. В связи с этим нами разработан и предложен интенсивный способ последовательной двухподступной отработки высоких уступов экскаваторно-автомобильными комплексами с обоих флангов карьерного поля.

Новизна решения состоит в следующем. Первоначально с одного из флангов карьерного поля до его середины экскаватором-мехлопаты производится отработка верхнего подступа (рис. 5). Грузотранспортная связь с транспортной бермой высокого уступа обеспечивается сооружением этим экскаватором временного автосъезда в одном из торцов разреза (рис. 6). Для уменьшения количества автосъездов отработка блоков-панелей ЭАК осуществляется поперечными заходками. Перед началом отработки нижнего подступа блоков-панелей этот экскаватор возвращается в торец разреза, спускается по временному автосъезду до уровня транспортной бермы этого уступа и после его ликвидации работает на новом уровне рабочей площадки.

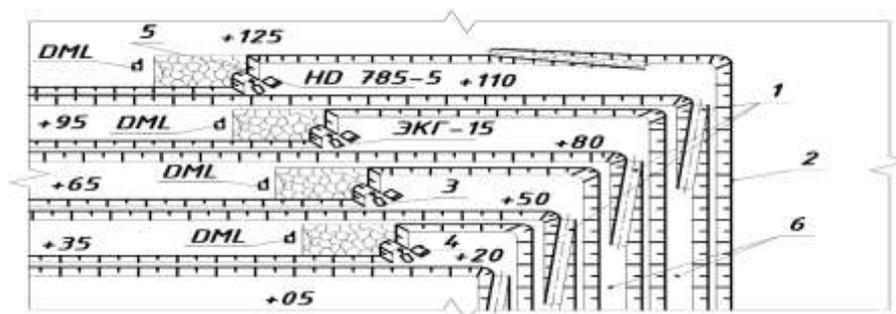


1 – верхние подступы; 2 – предохранительные бермы

Рисунок 5 - Положение нижней части вскрышной зоны после отработки верхних подступов в каждом из j_i -блоков-панелей ЭАК

На рис. 5 и 6 показано, что на каждом уступе вскрышных экскаваторно-автомобильных блоков практически одновременно первоначально отрабатываются верхние подступы, после чего производятся работы на нижних подступах.

В результате увеличения ширины рабочих площадок, независимой отработки высокого уступа отпадает необходимость формирования автосъездов на рабочем борту, что наряду с отработкой блоков-панелей поперечными заходками значительно уменьшает объем горно-капитальных работ - при ширине блока-панели 70 м как минимум в 4,7 раза. Применение поперечных заходок создают наиболее безопасные условия для перемещения большегрузных автосамосвалов, увеличивают скорость их передвижения по временным автодорогам, упрощают схему их подъезда к экскаваторам под погрузку, позволяет между подступами и уступами оставлять только предохранительные бермы.

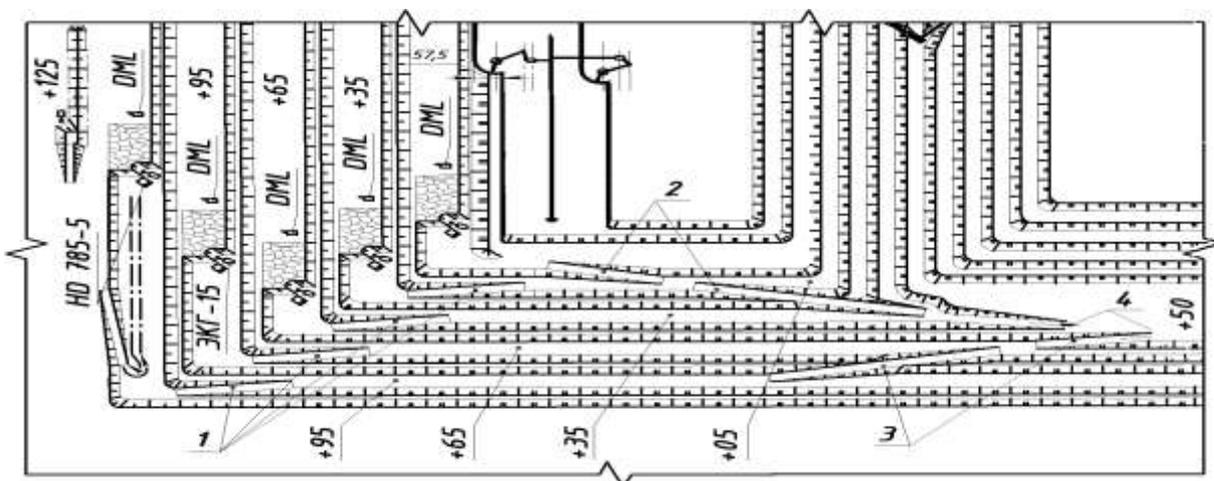


1 – временные автосъезды в торцах углераза; 2 – торец разреза;
3 – экскаватор; 4 – автосамосвал; 5 – верхний подступ блока-панели для ЭАК;
6 – транспортные бермы

Рисунок 6- Схема грузотранспортной связи с верхними подступами блоков-панелей ЭАК

Размещение вскрывающих выработок для перемещения автотранспорта в торцах разреза приведено на рис. 7. Для этого через каждые 30 м оставляются транспортные бермы. На горизонте +50 м с обоих флангов разреза размещены дробильно-перегрузочные пункты (ДПП) ЦПВК. Грузотранспортная связь рабочих горизонтов верхних и нижних подступов с площадкой размещения ДПП осуществляется последовательно через транспортные бермы и систему постоянных автосъездов. При отработке верхних подступов для связи с транспортными бермами на каждом фланге карьерного поля сооружаются временные автосъезды.

Постоянные автосъезды на спуск обслуживают автосамосвалы с транспортных берм на горизонтах +95 и +65 м в грузовом направлении. Вновь создаваемые транспортные бермы через каждые 30 м (гор. +35, +05 и т.д.) и нарезаемые верхние подступы новых уступов обеспечиваются доступом с площадкой размещения ДПП последовательно наращиваемыми также постоянными съездами. Они обслуживают автосамосвалы на подъем в грузовом направлении. Между уступами длина постоянных автосъездов при уклоне 80‰ составляет 375 м, а для подступов, примыкающих к площадке ДПП и вновь нарезаемых – 187,5 м.



- 1 – временные автосъезды; 2, 3 – постоянные автосъезды соответственно ниже и выше горизонта размещения дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП); 4 – направление грузопотоков автовскрыши к ДПП

Рисунок 7 - Развитие системы автосъездов в торцах разреза «Восточный»

Отработка блоков-панелей экскаваторно-автомобильными комплексами поперечными заходками позволяет практически исключить направление отбойки взрывных скважин в сторону выработанного пространства. Применение многорядного короткозамедленного взрывания на развал в сторону отработанной широкой панели повышает качество дробления скальных пород, значительно снижает выход негабарита, что положительно скажется на надежности работы дробильно-перегрузочных пунктов ЦПВК.

По проекту дробильно-перегрузочные пункты ЦПВК размещаются на глубине около 150 м на обоих флангах карьерного поля. При одновременной отработке блоков-панелей на каждом фланге с рабочим ходом к центру разреза (рис. 8) средневзвешенное расстояние транспортирования автосамосвалами в рассматриваемый период (2011-2025гг.) будет увеличиваться с 1,1 до 1,8 км. Поскольку рациональная высота подступа получилась равной 15 м, то в качестве выемочно-погрузочной машины рекомендуется использовать экскаватор ЭКГ-15 или его модификацию - ЭКГ-18Р, в зависимости от требуемой интенсивности развития вскрышной зоны.

Для горнотехнических условий разреза «Восточный» (горизонтальная мощность пластов 600 м, угол их падения 19 градусов) с годовой производительностью по углю 25 млн. т скорость подвигания фронта работ вскрышной зоны должна составить не менее 60 м в год.

При отработке уступов высотой 30 м экскаваторами ЭКГ-15 с обоих флангов разреза скорость подвигания их фронта работ получается равной 64 м в год. В этом случае 5 верхних вскрышных уступов высотой по 15 м одновременно должны обрабатывать 7 экскаваторов ЭКГ-12,5 с железнодорожной откаткой (рис. 8). Расчетная скорость подвигания вскрышных уступов при ЭЖК приближается к 70 м, что обеспечит соразмерность развития вскрышной зоны и гарантирует достижение предлагаемой проектной мощности разреза по углю.

Созданный интенсивный способ выемки нижней части вскрышной зоны путем послышной отработкой высоких уступов экскаваторно-автомобильными комплексами поперечными заходками с изменяющимся уровнем рабочей площадки и сооружением временных автосъездов в торцах разреза повысит эффективность дальнейшей эксплуатации разреза «Восточный» при внедрении циклично-поточной технологии.

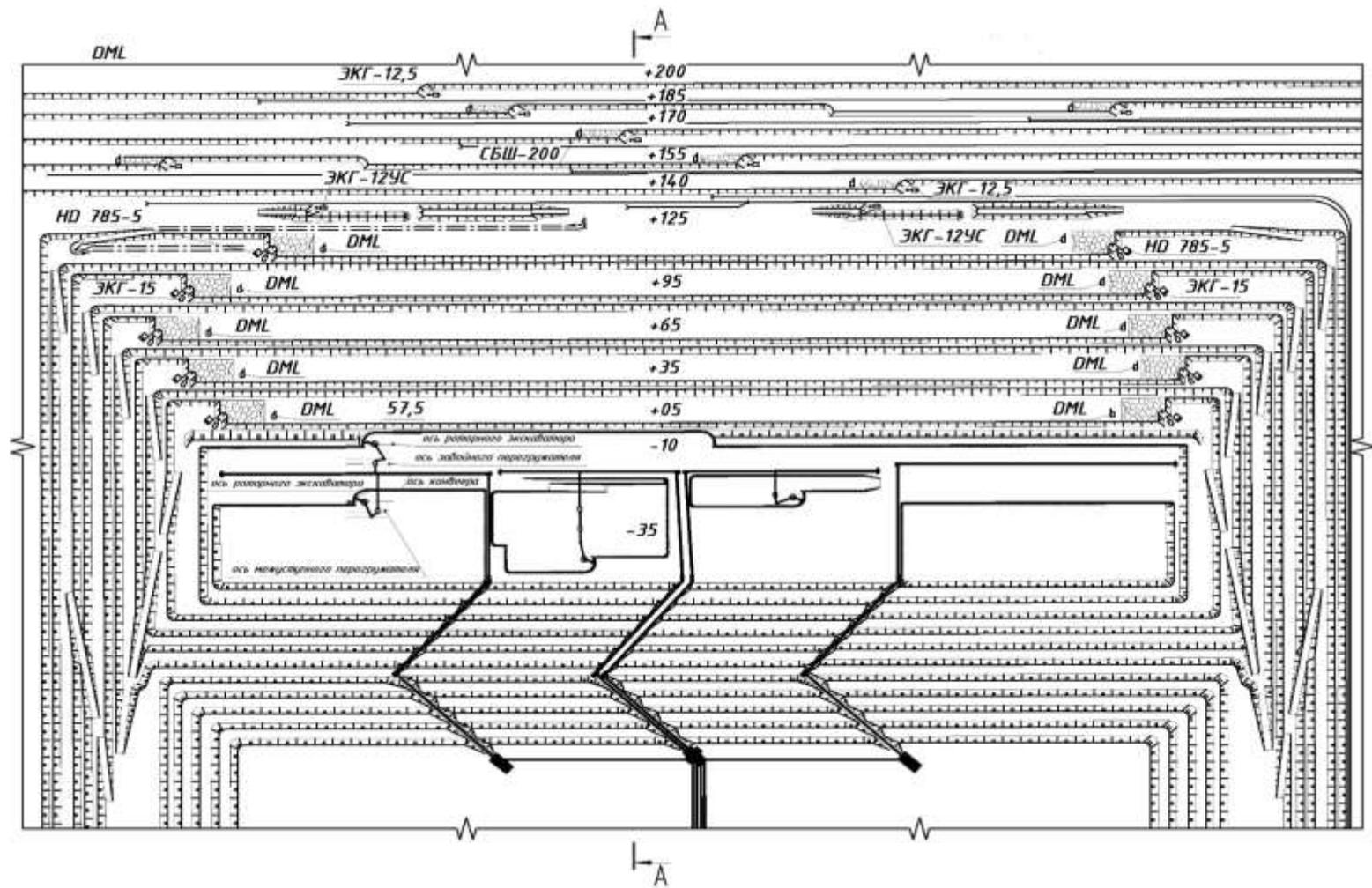


Рисунок 8 - Рекомендуемый план горных работ на разрезе «Восточный»

2. Технологии горных работ на разрезе «Восточный».

2.1 Горно-геологическая характеристика месторождения

Разрез "Восточный" АО "Евразийская энергетическая корпорация", расположен в районе г. Экибастуза Павлодарской области. I-я очередь строительства разреза мощностью 7,5 млн.тонн угля в год была запущена 19.09.85 года Актом Государственной комиссии. В декабре 1988 года, с вводом III-ей очереди, разрез был полностью введен в эксплуатацию. Запасы в границах площади первоочередной отработки утверждены протоколом ГКЗ СССР №9114. Отработка разреза «Восточный» Экибастузского месторождения производится в контурах горного отвода, выданного Министерством энергетики и минеральных ресурсов.

В настоящее время разрезом «Восточный» ведется отработка запасов на площади первоочередной отработки, включающей в себя запасы разведочных участков 7 и, частично, 8 (участок Восточный - 1). Длина карьерного поля составляет около 2,9 км. Поле разреза характеризуется наклонным падением пластов с углами от 30 до 170. Промышленной отработке подвергаются три угольных пласта, имеющие следующие показатели:

Пласт 1 - мощность - 24,7м, зольность - 34,8 %;

Пласт 2 - мощность - 45,3м, зольность - 36,9 %;

Пласт 3 - мощность 101,7м, зольность - 47,3 %.

По состоянию на 01.01.2013 г. на балансе разреза числится 1171,0 млн.т балансового угля; 1398,8 млн.т геологического рядового и 1386,4 млн.т - промышленного.

По состоянию на 01.01.14 год горные работы ведутся на глубине 225 метров от дневной поверхности.

На вскрышных работах используются одноковшовые экскаваторы типа «мехлопата» ЭКГ-12.5, ЭКГ-6.3У, ЭКГ-4У, ЭКГ-12УС, ЭКГ-8И и одноковшовые гидравлические экскаваторы Liebherr R-994BE и R-9350. Вывозка вскрышных пород осуществляется тяговыми агрегатами ОПЭ-1, НП-1. Емкость локомотивосостава составляет 480 м³. Руководящий уклон 400/00. Дальность транспортировки - до 10км. Транспортировка вскрышных пород осуществляется на три внешних отвала, расположенных за границей горного отвода - «Прибортовой», «Фестивальный» и «Конвейерный-1». Отвалообразование экскаваторное. Основное горное оборудование на отвалах - это экскаваторы ЭКГ-10И и драглайны ЭШ-13/50.

Добыча угля марки КСН ведется роторными экскаваторами типа SRs (K)-2000 по двухступенной схеме с одним транспортным горизонтом. Погрузка угля из забоя может вестись непосредственно в самоходный загрузочный бункер забойного конвейера КЛЗ-5250 или через забойные перегружатели BRs(K) - 2000.65, или через межступенные перегружатели ARs(K) - 5500, SФБР(K) - 1800. Межступенные перегружатели обеспечивают подъем угольной массы на 28-31 метр, что дает возможность обрабатывать угольный уступ высотой 25 метров при размещении транспортного горизонта на его кровле.

На разрезе освоена уникальная технология горных работ в условиях незначительных добычных фронтов, когда нарезка нового горизонта осуществляется самим роторным экскаватором и совмещена с производством добычных работ.

Общее количество добычных забоев, укомплектованных соответствующим набором добычного оборудования на разрезе «Восточный» - четыре. Это обеспечивает выполнение условий по качеству добываемого угля и дает возможность осуществлять оперативно работы по ремонту горно-транспортного оборудования.

Транспортировка добытого угля на поверхностный комплекс осуществляется системой конвейеров. В состав конвейерной линии, доставляющей уголь к пункту перегрузки поверхностного комплекса входят забойный, соединительный, два подъемных конвейера (угол наклона 13 градусов) и магистральный. Общая длина конвейеров в разрезе варьируется от 7 до 9 км. На всех конвейерах используется резиноватросовая конвейерная лента шириной 1800мм.

На технологическом комплексе разреза осуществляется процесс усреднения добываемого угля на усреднительных складах. Уголь, поступающий из любого, находящегося в отработке добычного забоя, поступает на технологический склад, где штабелеукладчиком консольного типа укладывается послойно в штабель. Определение необходимого количества угля осуществляется с помощью конвейерных весов с учетом показателя по зольности определяемого ежесуточно для каждого добычного забоя геологической службой разреза. Разброс качественных характеристик угля в добычных забоях может достигать 15 - 20% по зольности. Но благодаря усреднительно-погрузочному комплексу отгружаемый уголь имеет ровные и стабильные характеристики в каждом вагоне всего маршрута. За этим круглосуточно следит служба контроля качества, имеющая аккредитованную лабораторию и соответствующий штат сотрудников.

За время работы разреза был накоплен огромный опыт эксплуатации конвейерного транспорта, роторной техники большой единичной мощности. Отработана технология нарезки новых добычных горизонтов в условиях довольно жесткой привязки к транспортной схеме. В условиях действующего производства построены новые подъемные конвейера. В настоящее время осуществляется строительство второй очереди циклично-поточного вскрышного комплекса производственной мощностью 20 млн.м³ в год.

В тектоническом отношении Экибастузский каменноугольный бассейн представляет собой асимметричную мульду, вытянутую с северо-запада на юго-восток на 24 км при максимальной ширине 8,5 км. Общая площадь мульды 155 кв. км. Угленосная часть мульды имеет размеры соответственно 12 и 6 км. С северо-востока мульда ограничена крупным сбросом с амплитудой более 400 м. Северо-западная (поле 1) и юго-восточная (поля 5, 6, 7, 8) части мульды имеют спокойное залегание пластов, северо-восточная (поля 4, 11, 12) и юго-западная (поля 2, 3, 9, 10) части - крутые, с углами падения слоев свыше 65°.



Рисунок 9 - Угольный разрез «Восточный» ЕЭК: панорама

На последних полях тектонические напряжения нашли свое выражение и в многочисленных разрывных нарушениях, частота которых возрастает от пласта 1 к пласту 4. С глубиной по направлению к оси мульды пласты выполаживаются почти до горизонтального положения. Максимальная глубина погружения кровли пласта 1 не превышает 550 м, нижнего пласта 4 - 760 м от поверхности.

Основными промышленными пластами бассейна являются пласты 1, 2 и 3, разделенные междупластовыми породами мощностью 0,3-13 м. Пласт 4 имеет небольшую мощность (в среднем 18,5 м) общую среднюю зольность 48,9% и отделяется от пласта 3 породным комплексом мощностью до 110 м.

Пласт 1 является самым верхним рабочим пластом карагандинской свиты. Его средняя подсчетная и рабочая мощности составляют соответственно 18,5 и 20,5 м. Строение пласта сложное. Он состоит из 30-50 угольных пачек мощностью 0,1-1,0 м, разделенных преимущественно светлыми породными прослоями мощностью от 1 до 5 см. Средняя зольность пласта составляет 36,2%.

Пласт 2 отделяется от пласта 1 породным слоем мощностью 4-8 м. Средняя подсчетная и рабочая мощности его составляют соответственно 31,8 и 38,5 м. Строение пласта сложное. Характерно частое переслаивание угольных пачек мощностью 0,2-2,0 м со светлыми породными прослоями каолинитового состава (1-5 см). Средняя зольность пласта составляет 36,3%.

Пласт 3 является самым мощным из рабочих пластов. Его средняя подсчетная и рабочая мощности составляют соответственно 69,6 и 89,7 м. Пласт имеет очень сложное строение. Он включает большое количество (140 - 160) светлых прослоев песчано-глинистых (каолинитовых) пород мощностью 1-5 см, реже 5-10 см. Мощность угольных пачек составляет от 0,1 до 1,5 м. Породы внутренней вскрыши, в состав которых входят углистые и слабоуглистые аргиллиты и некондиционные по мощности или зольности угли, характеризуются сложным и частым переслаиванием. Мощности их от 0,5 до 10,0 м и более. На долю пород, заключенных в рабочей части пласта, в среднем по бассейну приходится 40% его мощности. Нижняя часть пласта 3 состоит из углистых пород, включающих невыдержанные в разрезе угольные пачки,

представленные преимущественно некондиционными по мощности и зольности углями. Поэтому она по условиям отнесена к нерабочей. Мощность ее колеблется в пределах 8-40 м, возрастая с северо-запада на юго-восток. Средняя зольность пласта составляет 45,3%.

Коэффициент крепости угля и углистых пород по шкале проф. М.М. Протоdjаконова составляет $f = 1,5 - 3$, разделяющих породные прослои $f = 2 - 8$ и в отдельных случаях 11.

Вмещающие породы бассейна представлены со стороны кровли пласта 1 аргиллитами, алевролитами и песчаниками, а со стороны почвы пласта 3 - углистыми породами, алевролитами и песчаниками.

Физико-механические свойства пород изменяются в широких пределах в зависимости от глубины залегания и литологических разностей. Прочность вскрышных пород возрастает на глубине 50-70 м. Максимального значения прочность песчаников и алевролитов достигает на глубине 200-250 м, аргиллитов - на глубине 100-150 м. Основными составляющими породу являются глинистый и углистый материалы, сидерит, кальцит, пирит. Прослои карбонатного состава характеризуются незначительными окисями кремния (4-25%) и глинозема (4-11%). Вмещающие породы характеризуются средней крепостью $f = 4-8$ и при разработке требуют применения буровзрывных работ.

Угли Экибастузского бассейна каменные, гумусовые, представленные блестящими (1-7%), полублестящими (20-39%), полуматовыми (43-45%) и матовыми (10-25%) их разностями. Плотность угля составляет 1,5 т/м³.

Угли почти всех пластов являются сильно минерализованными. Минерализация углей увеличивается с глубиной, достигая максимума в углях пластов ашлярикской свиты и нижней части карагандинской свиты.

По степени метаморфизма угли относятся к газовым, жирным и коксовым.

Угли поля №7 существенно различаются как по плотности, так и по зольности. Углистые породы с зольностью более 50% располагаются в интервале значений плотностью 1,65-2,2 т/м³. Последнее объясняется большим и меньшим обогащением углистым веществом; что в свою очередь дает значительные колебания в выходе золы (50-75%). Среднее значение плотности для этих пород (1,89 т/м³) соответствует зольности 60,6%.

Содержание аналитической влаги углей в большинстве случаев колеблется от 0,6 до 3%. Содержание рабочей влаги изменяется в пределах 3,5-7,5%. Среднее значение рабочей влаги уменьшается с глубиной, что указывает на возрастающую плотность углей.

Угли месторождения малосернистые, содержание серы 0,5-0,6%.

Теплота сгорания рядового угля изменяется в среднем от 3380 до 4540 ккал/кг.

Угли пластов 1, 2 и 3 весьма труднообогатимы, что обусловлено тонким проращением самого вещества угля минеральными примесями.

Зона газового выветривания достигает глубины 200 м. Глубже нижней границы в интервале первых 100 м происходит наиболее интенсивное нарастание газоносности от 8-10 м³ на 1 т горючей массы угля. В интервале

последующих 200 м она увеличивается не более чем на 2-5 м³/т. г. м, а на участках максимального погружения пластов газоносность составит не более 20 м³/т. г. м. Основными компонентами газов являются метан и азот.

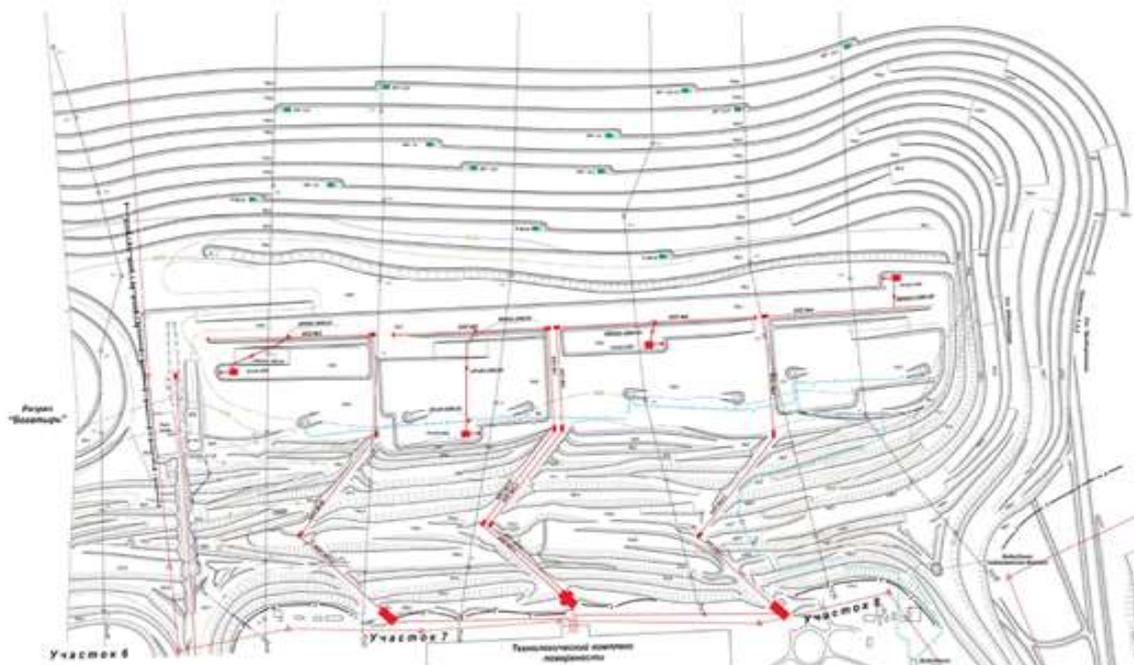


Рисунок 10- Технология ведения горных работ на разрезе «Восточный» с использованием железнодорожного транспорта

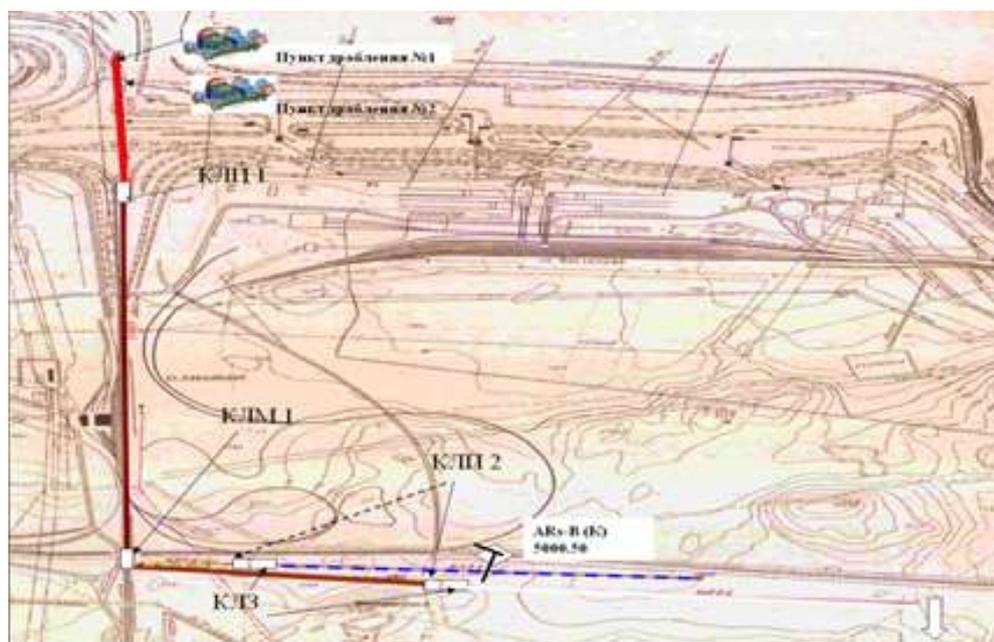


Рисунок 11- Технология введения горных работ на разрезе «Восточный» с использованием авто-конвейерной технологии

На отработке вскрыши используются экскаваторы типа ЭКГ-4У (1 шт.), ЭКГ-6,3У (1 шт.), ЭКГ-12УС (1 шт.), ЭКГ-12,5 (5 шт.), ЭКГ-8У (1 шт.). Средняя длина фронта вскрышных работ 18,9 км, продвижение фронта 38,5 м/год, средняя высота уступа 15,0 м, при средней высоте заходок 13,4 м. Годовая производительность списочного одноковшового экскаватора 1,36 млн. м³.

Взрывная подготовка вскрышных уступов осуществляется короткозамедленным способом с развалом пород и в зажатой среде. Бурение скважин производится буровыми станками ЗСБШ-200-60, 5СБШ-200-36.

Доставка угля из разреза осуществляется конвейерным транспортом на технологический комплекс на поверхности. Со складов технологического комплекса уголь отгружается в ж/д вагоны на ст. Восточная. Отгрузка угля потребителям ведется четырьмя действующими погрузочными пунктами П-4В. Производительностью каждого погрузочного пункта 4000 т/час.

Добываемый на разрезе уголь в полном объеме отгружается потребителям с усреднительно-погрузочного комплекса, расположенного на ст. Восточная. Действующий на поверхности технологический комплекс включает в себя склады и стационарные погрузочные пункты и выполняет функции по приему горной массы из разреза и разделению ее на потоки угля и породы, распределению угля по угольным складам, в зависимости от качества и потребности в углях первой и второй группы, усреднению и аккумуляции угля на складах, складированию пород внутренней вскрыши в отдельном штабеле на складе №2 и погрузке угля и породы внутренней вскрыши в железнодорожные вагоны.

2.2 Поточная технология добычи угля на разрезе «Восточный» перед переходом к ЦПТ на вскрыше

Экибастузский бассейн в Павлодарской области со значительными размерами в плане (до 12 км) и с большими запасами угля является уникальным. В мире нет ему аналогов. На незначительной площади сосредоточено более 10 млрд. т угля. На базе этого бассейна (рис. 1.1) запроектирован и построен крупнейший в СНГ и мире разрез «Богатырь», 40-летний юбилей которого отмечен в 2010 году. Проектная мощность предприятия 50 млн. т угля в год. На разрезе достигнута самая высокая производительность труда и самая низкая себестоимость продукции в угольной промышленности. После достижения горными работами глубины более 250 м мощность разреза была скорректирована и снижена до 40 млн. т угля в год.

Разрез «Богатырь» отрабатывает запасы угля участков 5, 6, 9, 10 в южной и юго-западной части Экибастузского бассейна. Карьерное поле характеризуется следующими параметрами: длина по простиранию – 7,5 км; ширина – 3,8 км; глубина – 400 м (до гор. -200 м). Длина добычного фронта составляет 5,9 км,

вскрышного фронта – 7,1 км. Горные работы достигли глубины 255 м (гор. -55 м).

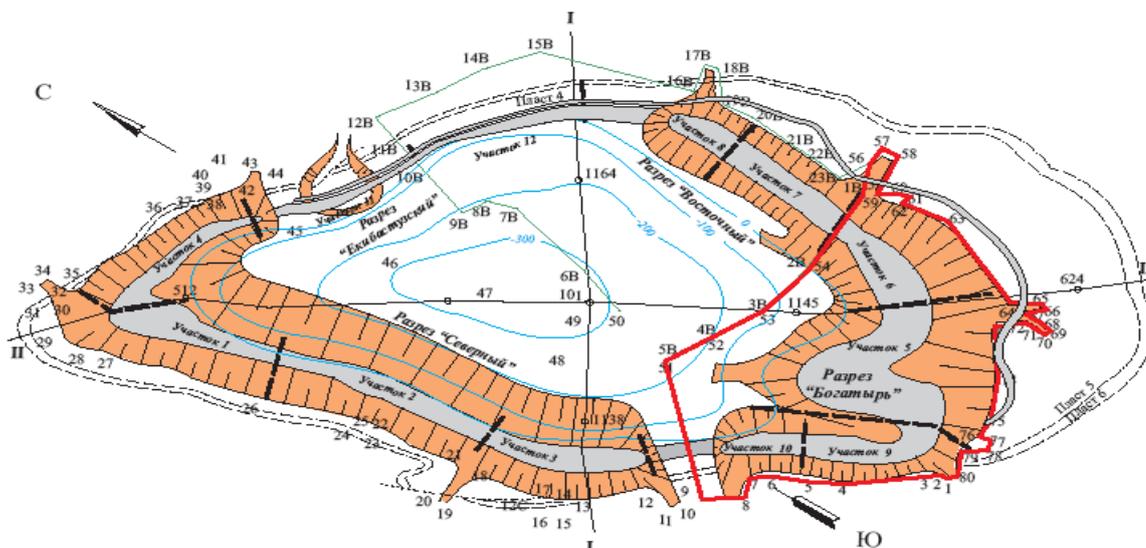


Рисунок 12- Экибастузский угольный бассейн с раскройкой на карьерные поля

Крупными разрезами бассейна также являются «Восточный» мощностью 25 млн. т в год и «Северный» мощностью 18 млн. т в год. Поточная технология разработки наклонных угольных пластов впервые в мире внедрена на разрезе «Восточный». Добычный фронт длиной 2,8 км вскрыт тремя крутыми траншеями, в которых расположены четыре подъемных конвейера: в центральной траншее – два подъемных конвейера, а в южной и северной – по одному (рис. 13).

Через центральный подъемник уголь выдается с верхнего обрабатываемого добычного уступа, а через два фланговых – с нижнего. Добычный фронт нижнего уступа в центре поля разделен целиком, на котором установлены соединительные конвейеры.

Добыча угля производится роторными экскаваторами $SR_s(k)-2000$ с применением забойных перегружателей $BR_s(k)-2000.65$. Нарезка нового угольного уступа высотой 25 м в основном производится этим роторным экскаватором в комплексе с межуступным ($AR_s(k)-5000.95$) и забойным перегружателями.

На разрезе реализована усовершенствованная одноуступная (двухподступная) технологическая схема с одним транспортным горизонтом с разделением фронта добычных работ на четыре блока одинаковой длины. С передвижкой забойного конвейера в новое положение наращивается соединительный конвейер, что исключает их перемонтаж для изменения направления транспортирования угля.



Рисунок 13- Поточная технология добыча угля на разрезе «Восточный»

Применение поточной технологии добычи угля на разрезе «Восточный» с постоянной углубкой горных работ позволило сохранить высокую производительность роторных экскаваторов по сравнению с их использованием в комплексе с железнодорожным транспортом [2]. Полная конвейеризация транспортирования угля до поверхностного усреднительно-погрузочного комплекса обеспечила автоматизированную работу добычного комплекса, снизило амплитуду колебаний зольности товарного угля, улучшило его качество за счет усреднения из различных забоев непосредственно в процессе транспортирования. По сравнению с ремонтом железнодорожного транспорта ремонт конвейеров менее сложен и трудоемок, а обслуживание значительно проще.

Обоснование применения конвейеров для транспортирования угля на разрезе «Восточный» выполнено институтом «Карагандагипрошахт» совместно с УкрНИИпроектом и ИГД им. Д.А. Кунаева [3]. Особенности применения конвейерного транспорта для перемещения добытого угля на разрезе при разработке наклонных пластов являются необходимость демонтажа и переноски конвейеров на каждый новый горизонт и постоянная углубка открытых траншей для конвейерных подъемников. Стационарный борт со стороны лежащего бока залежи имеет угол откоса $10-20^\circ$, вскрытие угольных горизонтов производилось крутыми траншеями, в которых разместили угольные подъемники. Схема вскрытия обеспечивала независимую транспортную связь каждого добычного экскаватора с дневной поверхностью.

Наклонные траншеи для угольных подъемников имеют уклон в 15° . В зоне пересечения траншей с нижними бровками уступов стационарного борта дно их заглублено на 3-5 м относительно отметок рабочих горизонтов. По условиям технологии горных работ дно траншеи подъемника не выводится на рабочую площадку добычного горизонта, а заглубляется под углом 15° настолько, чтобы подходящие соединительные конвейеры оказались вне торцевой части траншеи.

Транспортирование угля на поверхность от роторных экскаваторов SRs(k)-2000 производится по четырем конвейерным линиям системой забойных, соединительных и подъемных конвейеров. Передвижка забойных конвейеров осуществляется после отработки двух экскаваторных заходок шириной 35-50 м, а их переукладка – после отработки запасов пластов 3, 2 и 1 по горизонту через 3-4 года. Направление отработки угля принято от почвы пласта 3 к кровле пласта 1 с подвиганием фронта добычных работ в крест простирания угольных пластов горизонтальными слоями при высоте уступа 25 м.

Выдача угольной массы пласта 3 на поверхность осуществляется через северный и южный подъемники, пластов 1 и 2 – через центральный, уголь к которому подается по соединительным конвейерам, расположенным на временном целике. Оработка этого целика предусмотрена на соединительный конвейер, укладываемый для транспортирования угля пластов 1 и 2 с правого крыла разреза.

При отработке пласта 3 движение лент забойных конвейеров каждого комплекса встречное по направлению к соединительным конвейерам северного и южного подъемников. При переходе добычных работ на пласты 1 и 2 необходима смена направлений средних забойных конвейерных ставов для работы забойных конвейеров каждого из двух комплексов в одном направлении к соединительным конвейерам центрального подъемника.

Для обеспечения принятой двухподступной схемы следует иметь минимальное опережение по глубине левого крыла разреза на один горизонт.

Одноступная технология добычных работ без разделения на подступы обеспечивает относительно простую схему конвейерных линий при минимальной длине забойных конвейеров (2800 м). Расстояние транспортирования угля при этом наименьшее. При данной схеме создаются необходимые условия для высокой концентрации добычных работ, все четыре экскаваторных блока располагаются на одном горизонте при годовом подвигании добычного фронта работ 340 м. Однако из-за малой длины экскаваторных блоков подготовка новых горизонтов осуществляется в стесненных условиях и при более высоком коэффициенте вскрыши.

При двухступной технологии схема конвейерных линий усложняется из-за увеличения длины забойных конвейеров до 5600 м, а размещение четырех экскаваторных блоков на двух горизонтах затрудняет подъезд автотранспорта. К недостаткам этой технологии следует также отнести смену направлений транспортирования горной массы при переходе от отработки пласта 3 на отработку пластов 1 и 2, необходимость отработки целиков под

соединительные конвейеры к центральному подъемнику. В то же время, при отработке двумя уступами снижается текущий коэффициент вскрыши, сокращаются темпы годового подвигания добычного фронта до 170 м, повышается срок службы горизонта, возрастают вдвое готовые к выемке запасы.

Выбор двухподступной технологической схемы на один транспортный горизонт обусловлен возможностью перехода в процессе эксплуатации на любую схему отработки пластов без изменения стационарных подъемников и поверхностного комплекса. Это позволяет иметь резерв фронта добычных работ, а также смягчить жесткую зависимость процессов добычи и подготовки новых горизонтов (с учетом монтажа и демонтажа конвейеров).

Технология ведения горных работ с применением конвейерного транспорта по принятой технологической схеме предусматривает взаимоувязывание работ по подготовке и отработке новых горизонтов, отработке межблочных целиков, углубке траншей под угольные подъемники, монтажу и демонтажу конвейерных линий.

Нарезку новых горизонтов в почве пласта 3 по угольной массе осуществляют экскаваторами типа SRs(k)-2000M. Роторный экскаватор после отработки части запасов на основном горизонте переводят на нарезку нового горизонта и затем им же в комплексе с межступным перегружателем производят погрузку угля на находящиеся в том же положении забойные конвейеры вышележащего основного горизонта. Это позволяет совместить погрузку угля одним роторным экскаватором на забойные конвейерные линии без изменения их положений, сократить работы по монтажу и демонтажу конвейеров, а также создать запас времени (более года) для углубки траншей под угольные подъемники и монтажа новых конвейерных линий на новом горизонте. Начало нарезки нового добычного горизонта определяется подвиганием фронта работ от стационарного борта на расстояние, обеспечивающее ее нарезку, и углами падения почвы пласта 3. При нарезке новых горизонтов роторными экскаваторами в комплексе с перегружателями происходит заметное снижение производительности экскаваторов (до 30%). Углубку траншей для подъемников осуществляют экскаваторами ЭКГ-6,3У с использованием автомобильного транспорта.

В соответствии с генеральной схемой развития Экибастузского бассейна на втором этапе реконструкции разрезов Южной группы предусмотрено внедрение поточной и циклично-поточной технологий производства вскрышных работ, в т.ч. и на разрезе «Восточный». Область возможного применения поточной технологии на вскрыше ограничивается физико-техническими свойствами пород.

Для вскрышных уступов характерны усложнение конструкции транспортной схемы из-за необходимости обслуживания значительного количества транспортных горизонтов, малый шаг передвижки железнодорожных путей (максимум 20-24 м), большой срок обустройства забойного пути, увеличение средневзвешенной высоты подъема горной массы, стесненные условия производства горных работ.

Размещение мощного роторного экскаватора типа ЭРП-6500 и системы забойных конвейеров потребует значительного разноса рабочего борта и миллиардных инвестиций.

В этих условиях рациональной является перевалка пород второго от дневной поверхности вскрышного уступа на его верхнюю площадку и разгрузки их драглайнами с различными линейными размерами при погрузке в средства железнодорожного транспорта.

На дневной поверхности фронт верхнего вскрышного уступа можно разделить на необходимое количество экскаваторных блоков благодаря упрощению схем заведения железнодорожных путей за верхний контур разреза и обеспечения каждого такого блока самостоятельными подъездными путями. Появляется возможность максимальной загрузки забойных путей нескольких блоков по фронту работ посредством отработки мощной толщи покрывающих и вмещающих пород верхней зоны рабочего борта.

Верхний и нижерасположенный уступы суммарной высотой порядка 50-60 м отрабатываются нижним черпанием драглайнами различных типов. По второму уступу предусмотрено взрывное рыхление. Самый мощный драглайн отрабатывает породы нижерасположенного уступа с отсыпкой их в навал (рис. 14). Для этого впереди работающий драглайн подготавливает полку проходкой заходки по верхнему вскрышному уступу и производит отгрузку пород целика непосредственно в средства железнодорожного транспорта.

Применение ЦПТ с конвейерным подъемом раздробленных скальных пород по-прежнему остается одним из основных направлений решения транспортной проблемы глубоких карьеров. В этих целях в 2010 году на разрезе «Восточный» завершены пуско-наладочные работы по реализации циклично-поточной технологии выемки вскрышных пород (рис. 14).

Впервые в мировой практике апробированы криволинейные конвейерные линии с углом подъема 18 градусов (рис. 15). Циклично-поточный вскрышной комплекс (ЦПВК) первой линии включает два гидравлических экскаватора R994В и 9350 фирмы Liebherr (прямые мехлопаты) с электрическим приводом и вместимостью ковша 18 м³, 12 автосамосвалов HD-785-5 грузоподъемностью 90 т фирмы Comatsu, две двухвалковые дробилки BSW, систему подъемных, магистральных и отвальных конвейеров с шириной ленты 1,8 м и длиной 5775 м, а также консольный отвалообразователь AR_s- В.45.50. Дробильный комплекс стационарного типа располагается в южном торце разреза. В 2011 году намечается поставка оборудования для второй линии ЦПВК.



Рисунок 15- Конвейерный подъемник на вскрышных работах разреза «Восточный»

Карьерное поле разреза «Северный» включает участки 1 и 4 и имеет границы: на севере – предельный разнос борта в торцовой его части; на западе – предельный разнос борта (фактическое положение стационарного борта); на

востоке – положение рабочего борта; на юге – техническая граница разведочных (эксплуатационных) участков 1 и 2.

В качестве выемочной единицы проектом принят разрез в целом (участки 1 и 4), что оправдано в связи с переходом в замковой части на внутреннее отвалообразование.

Временно-неактивными запасами являются запасы угля участков 2 и 3, подлежащие консервации по соображениям полной локализации очагов эндогенных пожаров вблизи города Экибастуз.

Принятая проектная мощность в 18 млн. т в год обеспечивается как промышленными запасами, производительностью и количеством горного оборудования, а также количеством единиц подвижного состава, занятых на транспортировании угля, пропускной способности внутрикарьерных угольных станций.

Производительность по вскрыше устанавливалась исходя из:

- объемов, необходимых для приведения борта участков 1, 4 в стационарное положение;
- промышленных запасов, порядка их отработки и коэффициентов вскрыши по технологическим зонам и участкам;
- технологии ведения горных работ.

За период 2009-2040гг. на разрезе «Северный» (участки 1, 2, 3, 4) будет добыто 525,0 млн. т угля и отработано 717,65 млн. м³ вскрышных пород, в т.ч. 686,3 млн. м³ внешней и 31,35 млн. м³ внутренней вскрыши. Средний коэффициент вскрыши составит 1,367 м³/т.

На период 2014-2024гг. на участках 1,2 предусматривается новое положение усреднительно-погрузочных складов угля (гор. – 5,0 м) с привязкой к новому комплексу ж.д. съездов и станций.

В перспективе на разрезе «Северный» предусматривается переход на автомобильно-конвейерный транспорт (с 2025г.) с усреднением угля на УПК гор. +30,0 м. Последний будет построен на западном стационарном борту разреза.

Вскрышные уступы на период 2010-2016гг. отрабатываются по существующей технологии с погрузкой в ж.д. транспорт и вывозом вскрыши на временный внутренний (участок 3) и постоянный внутренний (замковая часть участков 1 и 4) отвалы. Формирование постоянного внутреннего отвала начнется с 2013г.

Вскрышная зона ниже отметки +40,0 м с 2017г. будет отрабатываться с использованием автомобильного транспорта с вывозом пород на постоянный отвал.

Принятая на разрезе «Северный» транспортная система разработки обеспечит безопасную, экономичную и комплексную добычу угля и выемку вскрыши в границах участков 1, 2, 3 и 4.

На период 2010-2040гг. рабочая зона, в которой выполняются основные технологические процессы, будет находиться на участках 1 и 4.

Ведение горных работ до 2016г. на разрезе «Северный» предусматривается существующим парком горнотранспортного оборудования:

- на вскрышных работах одноковшовыми мехлопатами с погрузкой в ж.д. транспорт;

- на добычных работах одноковшовыми мехлопатами и гидравлическими экскаваторами с погрузкой в автомобильный транспорт и с использованием ж.д. транспорта на доставке угля от усреднительно-погрузочного склада на поверхность.

С 2020г. предусматривается поэтапный переход на циклично-поточную технологию и на вскрышных работах.

Согласно рекомендациям специалистов ВТК в границах рабочей зоны разреза выделены технологические этапы, соответствующие режиму горных работ, сложившейся транспортной схеме, графику выбытия и ввода горнотранспортного оборудования. В результате для определенных сроков функционирования технологических схем горных работ определены этапы реконструкции разреза.

Во времени I этап реконструкции разреза охватывает период 2010-2020гг., II этап – 2020-2040гг.

По проекту принят следующий порядок формирования внутренних отвалов. С 2010г. породы внешней вскрыши предусматривается складировать во временный внутренний отвал, организуемый на участках 2 и 3, а 2013г. планируется начать складирование пород в постоянный внутренний отвал в границах замковой части участков 1 и 4. С 2028г. начнется ликвидация временного внутреннего отвала с перемещением пород по поточной технологии в выработанное пространство разреза «Богатырь».

Временному складированию пород в границах участков 2 и 3 предшествуют подготовительные работы по консервации запасов этих участков для изоляции последних с целью снижения и предотвращения возможности возникновения эндогенных пожаров.

Условия в замковой части участков 1 и 4 для складирования пород в постоянный внутренний отвал будут созданы после интенсификации добычных работ с полной отработкой пластов 3 и 4.

В проекте до 2025г. на добычных работах будет применяться только автомобильно-железнодорожный транспорт.

Доставка угля с добычных горизонтов в штабеля внутрикарьерных усреднительно-погрузочных складов, расположенных на гор. -5,0 м, осуществляется большегрузными автосамосвалами. Отгрузка усредненного угля в ж.д. вагоны на складах производится роторными экскаваторами с применением погрузочно-весодозирующих устройств ПВДУ-6500 на железнодорожном ходу.

В последующем на добычных работах намечается внедрение автомобильно-конвейерного транспорта с организацией погрузочных пунктов на ст. «Добычная».

Вывоз внешней вскрыши ж.д. транспортом производится во временный внутренний отвал (участок 3) через ст. «Карабидаик» и на постоянный внутренний отвал в замковой части участков 1 и 4 через ст. «Арман». Строительство ст. «Арман» предусматривается на гор. +100 м стационарного борта участка 4.

В связи с сокращением фронта горных работ разреза «Северный» из состава дренажной шахты исключен южный ствол № 3 с околоствольным двором. На участках 2 и 3 сохраняются только водосбросные и вентиляционные скважины.

Дренажная система под участками 1 и 4 сохраняется с частичной реконструкцией. Основанием является рабочий проект корректировки документации на строительство дренажной шахты гор. – 200 м разреза «Северный».

На период 2009-2013гг. весодозировка вагонов осуществляется на действующем весодозировочном комплексе ст. «Ударная» с фактической провозной способностью 10,5-13,0 млн. т, а на период 2014-2020гг. предусматривается погрузку угля в ж.д. вагоны производить роторным экскаватором, который будет работать в комплексе с весодозировочным устройством ПВДУ-6500ж.д. в передвижном исполнении на ж.д. ходу.

С переводом с 2021г. добычных работ на автомобильно-конвейерную технологию отгрузка угля в ж.д. транспорт будет осуществляться с УПК на гор. – 30 м в составе: дробильно-перегрузочные пункты; усреднительно-аккумулирующие склады; пункты погрузки угля в ж.д. транспорт.

На вывозке угля из добычных забоев принят автотранспорт, на подаче угля на склады УПК и со складов на пункты погрузки угля в ж.д. вагоны – конвейерный транспорт.

Для приема угля на склад и отгрузки со склада в ж.д. вагоны предусматриваются две технологические линии. Основное технологическое оборудование УПК принято по типу оборудования фирмы «ТАКРАФ».

Исходя из технологии ведения горных работ и сложившейся схемы транспортных коммуникаций углы откоса стационарного борта разреза «Северный» составляют 18-24°.

Величина угла откоса восточного борта определена по условию оптимальных технологических параметров существующих горизонтов отработки, используемых как для отработки уступа до его полустационарного положения, так и для последующей его консервации и колеблется от 28 до 32°.

Поверхность обнажения угля по стационарному борту по профильным линиям значительно отличаются друг от друга. Это связано с горно-геологическими особенностями залегания пласта 3 и фактически сложившимся положением горных работ по пласту 3.

При длительной консервации участков 2 и 3 с учетом достаточно сложного строения угленосной толщи помимо мер по предупреждению самовозгорания угля необходимо предусмотреть меры по обеспечению устойчивости стационарного борта разреза. Поэтому в проекте предусматривается отсыпка контрфорса (временного внутреннего отвала).

Для предотвращения самовозгорания «потенциально» горючих пород предложено смешивать их с инертными породами и снижать содержание горючих компонентов с более чем 20% до 10-15% и менее.

УПК состоит из двух дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП), соединительных конвейеров с площадки ДПП на площадку угольных складов, подъемных конвейеров, пункта погрузки угля PICOR, электропомещения.

На базе Шоптыкольского месторождения Майкубенского бассейна действует разрез «Майкубенский» с проектной мощностью 8,5 млн. т угля в год (рис. 1.8). Исходя из горно-геологических условий залегания (полого-наклонное падение угольных пластов) по проекту принята комбинированная продольная однобортная углубочная система разработки с перемещением вскрышных пород как на внешние, так и на внутренние отвалы железнодорожным, автомобильным транспортом и по бестранспортным схемам экскавации.

На добыче угля используются одноковшовые мехлопаты типа ЭКГ-10, ЭКГ-8и, ЭКГ-4у и роторные экскаваторы SRs(k)-470 и ЭР-1250Д. В 2011 году заказан роторный экскаватор нового поколения SRs(k)-500. Нарезка добычного уступа осуществляется экскаватором с удлиненным рабочим оборудованием типа ЭКГ-4У.

Породы внутренней вскрыши вывозятся автосамосвалами во внутренний автомобильно-бульдозерный отвал. Этим обеспечивается изоляция внутрипластовых пород, содержащих горючую массу, инертными породами внешней вскрыши, и предотвращение самовозгорания внутренней вскрыши.

3. Совершенствование методов обоснования параметров их грузопотоков при использовании циклично-поточной технологии

3.1 Математическое описание характеристик и параметров систем технологических процессов карьера

На разрезе «Восточный» впервые в Казахстане была внедрена циклично-поточная технология (ЦПТ) в нижней части вскрышной зоны. Первая линия дробильно-конвейерного комплекса по ЦПТ включает два модуля общей производительностью 10 млн. м³. Фактическая производительность изменялась от 7,6 до 8,0 млн. м³. По разрезу вскрышные работы производятся с применением экскаваторно-железнодорожных и экскаваторно-автомобильно-конвейерных комплексов: в верхней части вскрышной зоны с использованием железнодорожного транспорта, а в нижней части – автомобильного транспорта. С каждым годом объемы вскрышных работ уменьшались. По сравнению с 2011 г. в 2012 г. они снизились на 2,6 %, в 2013 г. – на 4,5 %. В 2011 г. заказано изготовление второй линии дробильно-конвейерного комплекса производительностью в 2 раза выше – 20 млн. м³ в год. Однако начавшийся мировой финансово-экономический кризис приостановил реализацию этого инвестиционного проекта.

В нижней части вскрышной зоны, где применяются экскаваторно-автомобильные комплексы (ЭАК), интенсивность горных работ пока не соответствует необходимому уровню обеспеченности подготовленными (на рудных - вскрытыми) запасами угля. Нет резервов для стабилизации производственной мощности и ее увеличения. В ущерб нормативу подготовленных запасов в период 2011-2013 гг. увеличение добычи угля относительно 2010 г. (20 млн. т) не превышало 0,6-2,5%. Поэтому без ускорения ввода в эксплуатацию второй линии дробильно-конвейерного комплекса и стабильной работы экскаваторно-железнодорожного комплекса на вскрышных работах, имеющиеся проблемы будут только усугубляться. Для нижней части вскрышной зоны характерны узкие рабочие площадки, местами 25 м, что сдерживает эффективную эксплуатацию экскаваторно-автомобильных комплексов. В период замены двухвалковых дробилок на шестеренчатые, имеющийся дробильно-конвейерный комплекс простаивал. Перегрузка вскрышных пород с автосамосвалов осуществлялась экскаваторами в средства железнодорожного транспорта. Снижение спроса на уголь, увеличение объемов отставания вскрышных работ после 2013 г. потребовало скорректировать добычу угля - относительно проектной мощности она была снижена на 25 %. Одним из путей интенсификации горных работ в нижней части вскрышной зоны с использованием экскаваторно-автомобильных комплексов (ЭАК) является реализация технологии отработки высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаватора с сооружением временных вскрывающих выработок на флангах карьерного поля [1].

После перехода на комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт для отработки нижней части вскрышной зоны на карьере «Восточный» не было достигнуто соответствие интенсивности производства вскрышных работ поточной технологии добычи угля [2-5]. Оработка вскрышных уступов в нижней части вскрышной зоны продольными панелями при узких рабочих площадках не позволяет эффективно использовать ЭАК. Отставание вскрышных работ ограничило производственную мощность по углю.

На основании выполненных по заданию ТОО «Евразийская группа» исследований ООО «НТЦ- Геотехнология» установлена возможность увеличения конструктивного угла наклона рабочего борта карьера до 30-32° при его глубине 260 м, с уменьшением до 28° при увеличении глубины до 400 м. Коэффициент запаса устойчивости был принят равным 1,3. В качестве одного из вариантов использования ЭАК нами предложена технология перехода на отработку высоких уступов поперечными панелями с двух уровней расположения экскаваторов [3].

На рисунке 16 приведен поперечный разрез карьера «Восточный» с отработкой нижней части вскрышной зоны высокими уступами (высотой 30 м) с двух уровней стояния экскаваторов поперечными панелями шириной 50 м. Первое из двух чисел в каждой поперечной панели указывает на технологический слой отработки, второе с цифрой 1 – на принадлежность к верхней части, а с цифрой 2 – к нижней части уступа. Каждый высокий уступ отстоит от другого на ширину панели и ширину предохранительной бермы. В каждом технологическом слое отработки, начиная с первого, обеспечивающего переход на предлагаемую технологию, и последовательно в последующих, одновременно обрабатываются первоначально верхние части уступов (к примеру 21), а затем также одновременно нижние части уступов (22).

Соответствие темпов развития нижней части вскрышной зоны поточной технологии добычи угля с выдерживанием определенного их соотношения во вскрываемых 3-х пластах можно достигнуть за счет регулирования уровнями расположения дна разрезной траншеи при нарезке половины уступа нижней части вскрышной зоны и верхней площадки добычного уступа. Оптимизация положения рабочего борта карьера «Восточный» при переходе на предлагаемую технологию использования ЭАК, достигается последовательным определением параметров его конструкции в добычной и вскрышной зонах по этапам отработки, соответственно в пределах работы добычного комплекса по поточной технологии, вскрышного комплекса по ЦПТ с использованием в рабочей зоне ЭАК и по циклической технологии с использованием экскаваторно-железнодорожных комплексов (ЭЖК).

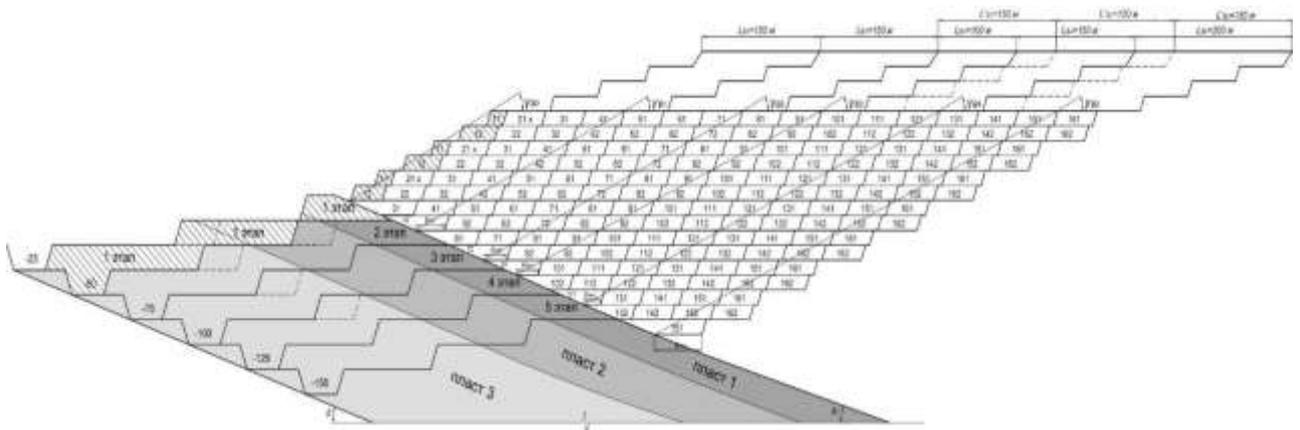


Рисунок 16 – Очередность отработки поперечных панелей ЭАК в нижней части вскрышной зоны на карьере «Восточный»

После подсчета поэтапных объемов вскрыши и запасов угля вычисляются требуемые годовые объемы вскрышных работ и производится их усреднение с учетом обеспечения равномерного плавного изменения значений текущего коэффициента вскрыши в календарные годы.

С учетом изложенного в качестве показателя эффективности принят среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши ($k_{всэ}$) в исследуемых границах угольного карьера за k_j этапов отработки. Минимум показателя эффективности достигается при определенном значении B_6 с учетом соблюдения следующих условий:

$$k_{всэ} = \frac{\sum_{j=1}^{k_j} V_{вj}}{k_j} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$B_{тба} + 15 \leq B_6 \leq B_{ра}, \quad (2)$$

$$H_{\partial j} - H_{\partial з j} + h_{вапо} * H_{вз j} * H_{\partial j} - H_{\partial з j}, \quad (3)$$

$$k_{вм(i-1)} \leq k_{вми} \text{ при } A_{куi} = Q_{ку} = const, \quad (4)$$

где $k_{всэ}$ - среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши, м³/т;

$V_{эj}$ - объем вскрышных пород в пределах j -го этапа отработки, м³;

k_j - число этапов отработки в исследуемых границах угольного карьера, шт.;

Z_j - запасы угля в пределах j -го этапа отработки, т;

$B_{мба}$ - ширина транспортной бермы между уступами для автосамосвала в, м;

$B_{ра}$ - ширина рабочей площадки при использовании ЭАК по проекту, м;

$H_{эj}$ - глубина разреза в пределах j -го этапа отработки, м;

$H_{эзj}$ - высота добычной зоны в пределах j -го этапа отработки, м;

$h_{ван}$ - высота вскрышного подступа в коренных крепких породах, м.

$$V_{эmi} - V_{эm(i-1)} \leq 4,0 \times 10^6, \quad (5)$$

Ограничивающее условие (2) характеризует пределы изменения ширины поперечной панели $B_б$. Условие (3) обеспечивает соответствие темпов вскрышных работ поточной технологии добычи угля со снижением засорения угля породой. Неравенства (4) и (5) оптимизируют режим горных работ за счет равномерного плавного изменения значений текущего коэффициента вскрыши $k_{эmi}$ в каждый i - год с постепенным его увеличением при достижении годовой производительности разреза по углю $A_{куi}$ производственной мощности $Q_{ку}$ и исключения значительного увеличения годовой производительности разреза по внешней вскрыше $V_{эmi}$.

Меньшее значение $B_б$ обеспечит минимальный объем вскрышных работ, однако при этом увеличатся затраты на проходку временных вскрывающих выработок на флангах карьерного поля для отработки верхних частей уступа в. В условии (2) при минимуме величины $B_б$ конструктивный угол наклона нижней части вскрышной зоны в границах использования ЭАК приближается к значению его устойчивости, однако может ограничить вскрываемые запасы угля. Увеличение $B_б$ позволит значительно уменьшить подвалку нижерасположенных уступов после взрывов за счет направления фронта отбойки скважинных зарядов вдоль борта карьера и повысит качество дробления за счет увеличения времени соударения разрушающихся кусков горных пород при многорядном короткозамедленном взрывании

Определяется количество предохранительных берм на j -ом этапе отработки по формуле:

$$N_{пбj} = n_{ванj} - 1. \quad (6)$$

На контакте «вскрыша-уголь» на каждом j -ом этапе отработки определяется ширина дна разрезной траншеи по вскрыше в границах работы ЭАК:

- с учетом фактического положения вскрышной зоны в границах использования ЭАК первоначально необходимо вычислить ее для этапа отработки $j=1$ по формуле

$$B_{невj=1} = (n_{ванj=0} h_{ван}) ctg \gamma_{ваj=0} + B_{рвжj=0} - B_{б} - n_{ванj=1} (h_{ван} ctg \alpha_{в} + N_{нб=1}) - (n_{ванj=1} - n_{ванj=0}) h_{ва} ctg \beta_{кj=1}; \quad (7)$$

- после перехода на предлагаемую технологию использования ЭАК для последующих этапов отработки $j=2, 3, \dots, k_j$ она вычисляется по формуле

$$B_{невj} = B_{нев(j-1)} + n_{ван(j-1)} h_{ван} ctg \alpha_{в} + N_{нб(j-1)} B_{нб} + (n_{ванj} - n_{ван(j-1)}) B_{б} - n_{ванj} h_{ва} ctg \alpha_{в} - N_{нбj} B_{нб} - (n_{ванj} - n_{ван(j-1)}) h_{ва} ctg \beta_{кj}; \quad (8)$$

где $n_{ванj=0}$ - фактическое количество вскрышных уступов в границах работы ЭАК, далее будет называть их подуступами, шт.;

$B_{рвж(j=0)}$ - фактическая ширина рабочей площадки для ЭЖК на контакте границ их применения с ЭАК, м;

$\alpha_{в}$ - угол откоса вскрышного уступа или подустапа, град; $B_{нб}$ - ширина предохранительной бермы, м;

$\beta_{кj}$ - угол падения по кровле обрабатываемого верхнего угольного пласта в границах j -го этапа отработки, град.

$$\text{Если } 0 < B_{нев} < B_{та min}, \text{ то } B_{невj} := B_{нев} + B_{б}; \quad (9)$$

$$\text{Если } B_{нев} \leq 0, \text{ то } B_{невj} := B_{б}, \quad (10)$$

где $B_{та min}$ - минимальная ширина траншеи на вскрыше по условию о беспечения двухполосного движения автосамосвалов, м.

Зная горизонтальную мощность залежи и параметры добычной зоны на каждом j -ом этапе отработки, определяются площади вскрываемых запасов по верхнему S_{kj} , промежуточному $S_{пj}$, нижнему S_{cj} добычным уступам и разрезной траншее по углю $S_{нj}$, примыкающей к подошве нижнего угольного пласта

$$S_{kj} = 0,5[2M_j - 2B_{mдж} - 2b_{pm} - 2h_{дн}(ctg\alpha_{ды} + ctg\alpha_{д}) - 4B_{pд} - 2h_{д}ctg\alpha_{д} - h_{д}(ctg\alpha_{д} + ctg\beta_{kj})]h_{д};$$

$$S_{пj} = [B_{mдж} + h_{дн}(ctg\alpha_{д} + ctg\alpha_{ды}) + B_{pд}]h_{дн};$$

$$S_{cj} = S_{пj};$$

$$S_{нj} = [h_{дн}(ctg\alpha_{д} + ctg\alpha_{ды}) + b_{pm}]h_{дн}.$$

При отработке карьерного поля несколькими добычными участками с различным положением горных выработок (уступов) такие операции производят отдельно для каждого из них, что позволяет повысить точность планирования через усреднение значений площадей.

Для каждого j -ого этапа отработки определяют длину фронта работ по верхнему $L_{yкj}$, промежуточному $L_{yпj}$, нижнему L_{ycj} добычным уступам и разрезной траншее на угле L_{ynj} по формулам

$$L_{yкj} = L_{yj} - h_{д}ctg\alpha_{ды};$$

$$L_{yпj} = L_{yj} - 3h_{д}ctg\alpha_{ды} - 2B_{my};$$

$$L_{ycj} = L_{yпj} - h_{д}ctg\alpha_{ды} - 2B_{my};$$

$$L_{ynj} = L_{yпj} - h_{д}ctg\alpha_{ды} - 2B_{my},$$

где L_{yj} - фактическая длина угольной залежи по простиранию на границе со вскрышей, которую можно вовлечь в отработку, м;

B_{my} - ширина бермы, оставляемой между добычными уступами на флангах карьерного поля, устанавливаемую по принятому в этих условиях выражению $B_{my} = 0,13h_{д} + 0,2$, м.

Определяем вскрываемые запасы угля по каждому j -ому этапу отработки с учетом разной ее плотности по низкочольным и высокочольным пластам на различной глубине по формуле

$$Z_j = Z_{kj} + Z_{nj} + Z_{cj} + Z_{nj} = \gamma_{kj} S_{kj} L_{y_{kj}} + \gamma_{nj} S_{nj} L_{y_{nj}} + \gamma_{cj} S_{cj} L_{cj} + \gamma_{nj} S_{nj} L_{y_{nj}}, \quad (11)$$

Где $Z_{kj}, Z_{nj}, Z_{cj}, Z_{nj}$ запасы угля пределах j -этапа отработки соответственно на верхнем, промежуточном, нижнем добычных уступах и разрезной траншеи на угле, т;

γ_{kj} - плотность угля на верхнем добычном уступе, включающего запасы пластов 1 и 2 (низкочольный уголь), т/м³;

γ_{nj} - плотность угля на промежуточном добычном уступе, включающего запасы пластов 2 и 3, т/м³ (усредненный уголь); т/м³;

γ_{cj}, γ_{nj} - плотность угля соответственно на нижнем добычном уступе и в разрезной траншее (высокочольный уголь), т/м³.

На каждом j -ом этапе отработки определяются:

- площади нижней части вскрышной зоны в границах работы ЭАК, отдельно при $j=1$ с учетом фактического положения рабочего борта и для последующих при $j \geq 2$ по формулам

$$S_{\text{ва}(j=1)} = 0,5[2B_{\text{нв}(j=1)} + (H_{\text{ва}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)})(\text{ctg}\beta_{\kappa(j=1)} + \text{ctg}\gamma_{\text{ва}(j=1)})](H_{\text{ва}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)} + 0,5[2(H_{\text{ва}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)})(\text{ctg}\beta_{\kappa(j=1)} + \text{ctg}\gamma_{\text{ва}(j=1)}) + 2B_{\text{нв}(j=1)} + H_{\text{ва}(j=1)}\text{ctg}\gamma_{\text{ва}(j=1)} - (H_{\text{ва}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)})\text{ctg}\gamma_{\text{ва}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)}\text{ctg}\gamma_{\text{ва}(j=0)}]H_{\text{ва}(j=0)}];$$

$$S_{\text{ва}j} = 0,5[2B_{\text{нв}j} + (H_{\text{ва}j} - H_{\text{ва}(j-1)})(\text{ctg}\beta_{\kappa j} + \text{ctg}\gamma_{\text{ва}j})](H_{\text{ва}j} - H_{\text{ва}(j-1)} + 0,5[2(H_{\text{ва}j} - H_{\text{ва}(j-1)})(\text{ctg}\beta_{\kappa j} + \text{ctg}\gamma_{\text{ва}j}) + 2B_{\text{нв}j} + H_{\text{ва}j}\text{ctg}\gamma_{\text{ва}j} - (H_{\text{ва}j} - H_{\text{ва}(j-1)})\text{ctg}\gamma_{\text{ва}j} - H_{\text{ва}(j-1)}\text{ctg}\gamma_{\text{ва}(j-1)}]H_{\text{ва}(j-1)}];$$

- средневзвешенная длина фронта работ нижней части вскрышной зоны в границах работы ЭАК с учетом примыкания левой части карьерного поля к контуру карьера «Богатырь» по формуле

$$L_{\text{ва}j} = L_{y_j} + 0,38(n_{\text{ван}j} + n_{\text{ван}(j-1)})h_{\text{ван}}\text{ctg}\alpha_{\text{в}} + 0,38(N_{\text{пб}j} + N_{\text{пб}(j-1)})B_{\text{пб}j} + 0,38(n_{\text{ва}y_j} + n_{\text{ва}y(j-1)});$$

Объемы нижней части вскрышной зоны в границах работы ЭАК (м³) по формуле

$$V_{\text{ва}j} = S_{\text{ва}j} L_{\text{ва}j}; \quad (11)$$

длина фронта работ верхней части вскрышной зоны в границах эксплуатации ЭЖК также с учетом примыкания левой части карьерного поля к контуру карьера «Богатырь» по формуле

$$L_{\text{вж}j} = L_{\text{ва}j} + 0,6n_{\text{вж}y} h_{\text{вж}} \text{ctg} \alpha_{\text{в}} + 0,6n_{\text{вж}y} T_{\text{тбж}},$$

где $n_{\text{вж}y}$ - количество вскрышных уступов, обрабатываемых ЭЖК, шт; $h_{\text{вж}}$ - высота вскрышного уступа, обрабатываемого ЭЖК, м;

$T_{\text{тбж}}$ - ширина транспортной бермы при железнодорожном транспорте на правом фланге карьерного поля, м;

- площади верхней части вскрышной зоны в границах эксплуатации ЭАЖ, отдельно при $j=1$ с учетом фактического положения рабочего борта и для последующих при $j \geq 2$ по формулам

$$S_{\text{вж}(j=1)} = [(H_{\text{ва}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)}) (\text{ctg} \beta_{\kappa(j=1)} + \text{ctg} \gamma_{\text{ва}(j=1)}) + B_{\text{нв}(j=1)} + H_{\text{ва}(j=0)} \text{ctg} \gamma_{\text{ва}(j=1)} + B_{\text{рж}(j=1)} - H_{\text{ва}(j=0)} \text{ctg} \gamma_{\text{ва}(j=0)} - B_{\text{рж}(j=0)}] n_{\text{вж}} h_{\text{вж}}; \quad ;$$

$$S_{\text{вж}j} = [(H_{\text{ва}j} - H_{\text{ва}(j-1)} + \text{ctg} \gamma_{\text{ва}j}) + B_{\text{нв}j} + H_{\text{ва}(j-1)} \text{ctg} \gamma_{\text{ва}j} + \text{ctg} \beta_{\kappa j}] n_{\text{вж}} h_{\text{вж}}; \quad ;$$

$$+ B_{\text{рж}j} - H_{\text{ва}(j-1)} \text{ctg} \gamma_{\text{ва}(j-1)} - B_{\text{рж}(j-1)}] n_{\text{вж}} h_{\text{вж}}; \quad ;$$

Объемы нижней части вскрышной зоны в границах работы ЭАК (м³) по формуле

$$V_{\text{вж}j} = S_{\text{вж}j} L_{\text{вж}j}; \quad (12)$$

3.2 Обоснование конструктивных особенностей передвижных дробильно-перегрузочных комплексов

На современном этапе развития открытых горных работ как на отечественных, так и на зарубежных карьерах все большее значение приобретает применение циклично-поточной технологии (ЦПТ) с передвижными дробильно-перегрузочными установками в модульном (блочном) конструктивном исполнении. Применение модульного принципа конструктивного исполнения вызывает необходимость формулирования комплекса требований, которые должны определять компоновочную структуру каждого модуля (блока) карьерной передвижной дробильно-перегрузочной установки. Данный комплекс требований должен учитывать все многообразие горно-технологических факторов, конструктивные особенности карьерной передвижной дробильной установки как в целом, так и отдельных модулей, входящих в установку.

Отличительной особенностью открытых горных работ является стойкая тенденция к увеличению глубины карьеров, росту расстояний транспортирования горной массы и, следовательно, снижению производительности всей транспортной системы в карьере, энергоэффективности и экономической эффективности системы в целом. Учитывая динамику горных работ в карьере, применение передвижной дробильной установки как связующего звена между циклическим автомобильным и непрерывным конвейерным транспортом не должно вызывать отрицательных, сдерживающих факторов для транспортной системы карьера, быть экономически эффективным на протяжении всего периода производства горных работ в карьере [1-5]. Дробильно-перегрузочная установка должна удовлетворять понятию «технологичности», но данное понятие довольно широко и может меняться в зависимости от конкретных горнотехнических условий, что определяет разработку нового методического подхода к проектированию установок данного типа.

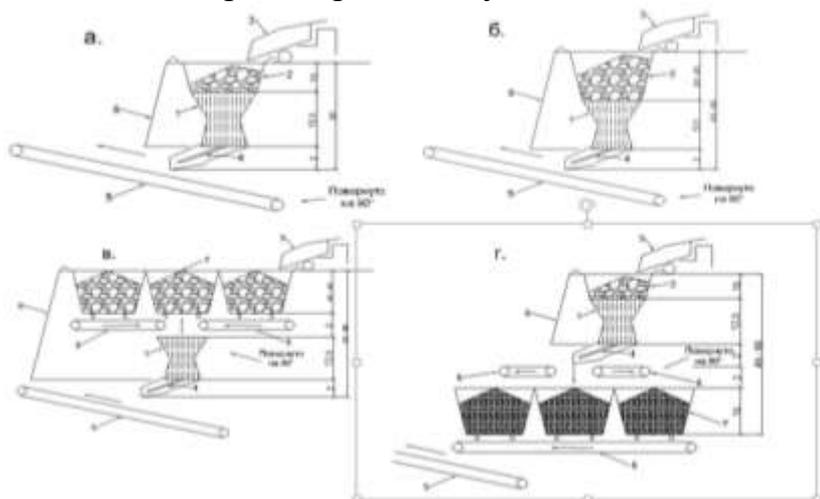


Рисунок 17 – Схемы оборудования перегрузочных пунктов при автомобильно-конвейерном транспорте

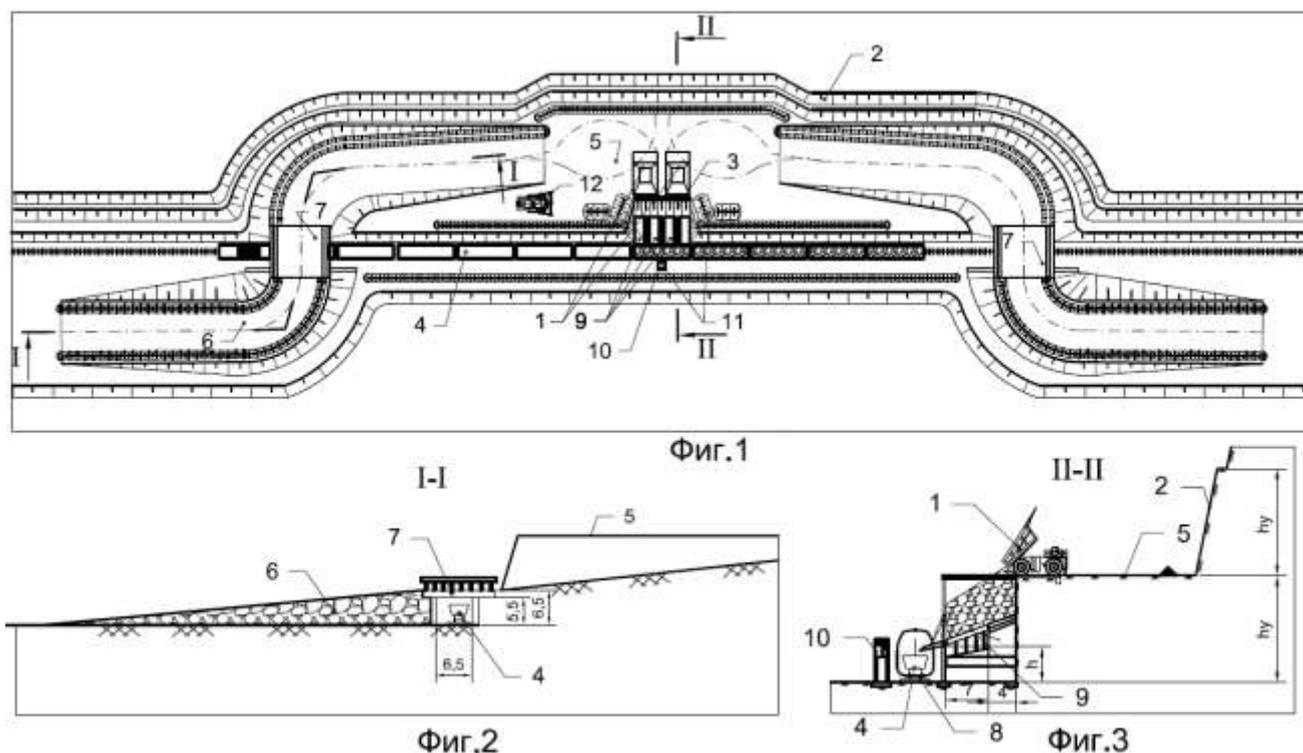


Рисунок 18 – Перегрузочный пункт глубокого карьера

3.3. Разработка перспективных схем вскрытия на базе циклично-поточной технологии с учетом рекомендуемых технологий горных работ на разрезе «Восточный»

В настоящее время разрез «Восточный» разрабатывает запасы участка 7 и части участка 8. В границах этих участков угольные пласты 1, 2 и 3 имеют наклонное падение (от 17 до 30°). С углубкой разреза появляются затруднения по поддержанию проектной мощности в связи с сокращением длины фронта добычных работ.

Относящиеся к карьерному полю разреза «Восточный» нетронутые пласты участков 8 и 12 имеют практически вертикальное падение. Выклинивание среднего пласта 2 сократило горизонтальную мощность в среднем до 150 м.

Большая часть увеличивающихся объемов вскрышных пород в пределах действующего комплекса разреза «Восточный» будет отрабатываться по циклично-поточной технологии. Под комплексами подразумеваются

отдельные горные выработки, относящиеся в данном случае к одному угольному разрезу.

Достижение минимального значения текущего коэффициента обеспечит следующая технология горных работ (рис. 19). Пять верхних вскрышных уступов высотой по 15 м одновременно должны обрабатывать 7 экскаваторов ЭКГ-12,5 с железнодорожной откаткой через фланговую капитальную траншею внешнего заложения с прямыми заездами локомотивосоставов. Рабочую площадку 5-го уступа предлагается использовать в качестве концентрационного горизонта для перегрузки части объемов автовскрыши в средства железнодорожного транспорта. Нижележащие вскрышные уступы высотой по 30 м следует обрабатывать экскаваторами типа ЭКГ-15 в комплексе с автомобильным транспортом с обоих флангов действующего комплекса разреза.

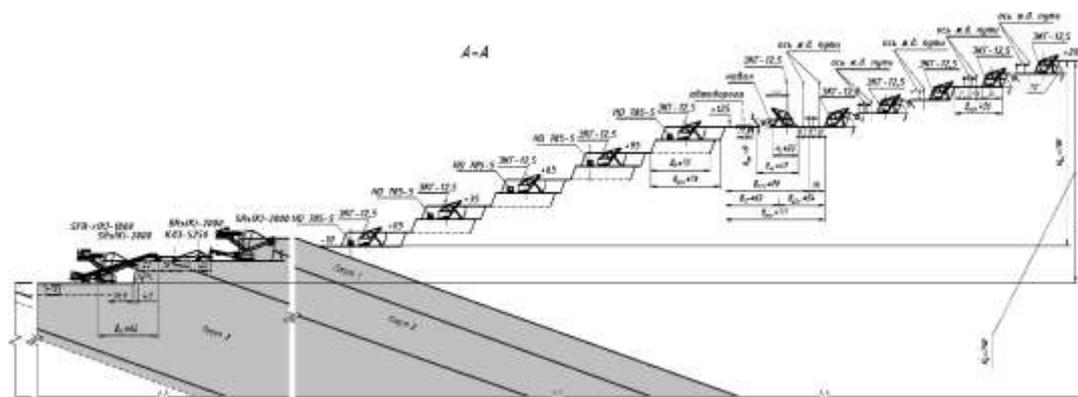


Рисунок 19 - Рекомендуемая технология горных работ на действующем комплексе разреза «Восточный»

Повышение эффективной эксплуатации разреза «Восточный» при внедрении циклично-поточной технологии обеспечивается отработкой вскрышных пород высокими уступами экскаваторно-автомобильными комплексами (ЭАК) поперечными заходками с изменяющимся уровнем рабочей площадки и сооружением временных автосъездов в его торцах.

Инновационный способ двухподступной отработки блоков-панелей обеспечит интенсивное ведение горных работ через их концентрацию на определенных участках по высоте рабочей зоны.

По сравнению с отработкой панелей продольными заходками его реализация позволит увеличить объемы вскрытых запасов угля на каждом этапе отработки до 18÷25% при уменьшении текущих пиковых объемов выемки вскрыши и объема горно-капитальных работ на сооружение вскрывающих выработок на каждом уступе в 2-4 раза на каждые 1000 м фронта работ.

Это достигается двухсторонней отработкой блоков-панелей с обоих флангов карьера по двухподступной схеме с изменяющимся уровнем рабочих

площадок поперечными заходками отдельными экскаваторно-автомобильными комплексами с сооружением вскрывающих выработок в торцах карьера. Особенностью этой схемы является первоначальная одновременная отработка на всех ниже концентрационного горизонта уступах вскрываемой зоны только верхних подступов, после чего приступают к отработке нижних подступов на этих уступах. Такая последовательность ведения горных работ высокими уступами с применением поперечных заходок и сооружением временных съездов в торцах комплекса действующего комплекса разреза позволит между ними и подступами оставлять только предохранительные бермы.

При отработке верхних подступов от транспортных берм в торцах разреза экскаваторно-автомобильными комплексами сооружаются временные съезды, после чего они ликвидируются и эти комплексы работают на новом, соответствующем транспортным бермам, уровне рабочих площадок при отработке нижних подступов.

В результате внедрения разработок:

- значительно улучшится режим горных работ по сравнению с проектной схемой за счет увеличения угла откоса вскрываемой зоны;
- в несколько раз (в 5 и более) снизятся объемы горно-капитальных работ на формирование автосъездов, отпадет необходимость проходить их на рабочем борту;
- реализуется независимая отработка двухподступных блоков отдельными ЭАК по высоте вскрываемой зоны с обоих флангов действующего комплекса разреза.

Применение поперечных заходок в схемах двухподступной отработки блоков экскаваторно-автомобильными комплексами создаст наиболее безопасные условия для перемещения большегрузных автосамосвалов, увеличит скорость их передвижения по временным автодорогам, упростит схему их подъезда к экскаваторам под погрузку, позволит между подступами и уступами оставлять только предохранительные бермы.

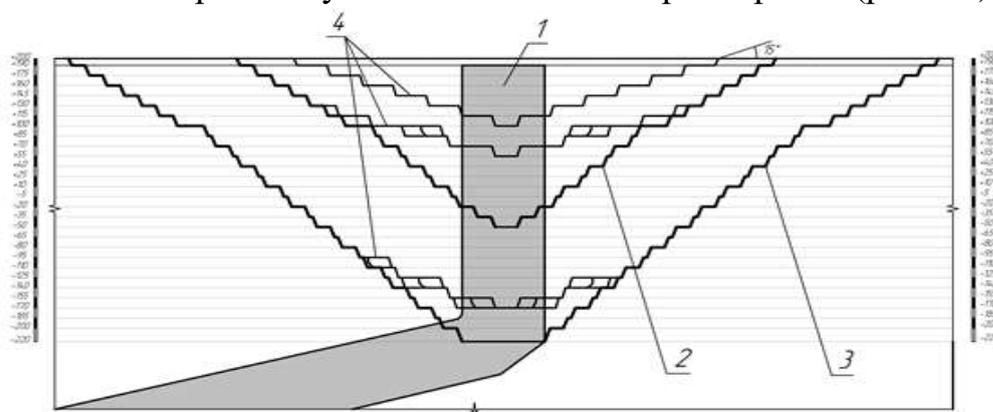
Для увеличения производственной мощности в границах обрабатываемых участков 7, 8 до 25 млн. т в год рассмотрен вариант удлинения фронта работ с переносом фланговой капитальной траншеи внешнего заложения в северном торце на 400 м. Тогда добыча угля до глубины 250 м будет вестись без сокращения длины фронта работ относительно первоначальной длины пластов по простиранию (2800 м). Дальнейшее увеличение длины фронта работ в границах этих участков теряет смысл из-за отсутствия угля на границе резкого изменения углов падения пластов.

Резервом увеличения производственной мощности разреза до 30 млн. т в год является вовлечение в эксплуатацию оставшихся нетронутыми запасов участков 8 и 12 в пределах отведенного предприятию горного отвода. Однако для

этого необходимо произвести горно-капитальные работы по проходке капитальной траншеи.

Объем горно-капитальных работ для переноса в новое положение фланговой капитальной траншеи внешнего заложения в северном торце разреза составит 2,6 млн. м³, а по проходке капитальной траншеи с двухсторонним примыканием в северной части участка 12 - 2,3 млн. м³.

Выполненными ТОО «Карагандагипрошахт и К» исследованиями установлено, что в рыночных условиях конкурентоспособность открытой разработки обеспечивается при граничном коэффициенте вскрыши не более 4-4,5 м³/т [2]. На глубине около 420 м угольные пласты в границах участков 8 и 12 начинают выполаживаться. С этой глубины появляются условия для перехода с двухбортковой подсистемы разработки на однобортковую. Поэтому конструкция обоих бортов на глубине 420 м принята для периода завершения очередного этапа отработки и отстроена с учетом погашения горных работ (рис. 20).



1 – угольные пласты; 2, 3 – промежуточные этапные контуры развития горных работ; 4 - положения рабочих бортов по этапам отработки

Рисунок 20. Развитие рабочих зон по этапам отработки на участках 8, 12 нового комплекса разреза

До глубины ориентировочно 100 м на вскрышных и добычных работах предусматривается применение железнодорожного транспорта, а после этой глубины рассматривается возможность перехода на комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт. Конструкция рабочей зоны с учетом применения ЭАК принята по аналогии с работой [3]. Для увеличения угла откоса рабочего борта на новом комплексе разреза также предусматривается двухподступная отработка блоков-панелей ЭАК поперечными заходками с изменяющимся уровнем рабочей площадки [4]. Если на глубине 420 м угол откоса рабочего борта при отработке блоков ЭАК продольными заходками составит 13⁰, то с поперечными заходками будет увеличен до 15,8⁰ (больше на 21,5%).

Анализ результатов расчета показывает, что на вовлекаемых в эксплуатацию участках 8, 12 с глубины разреза 100 м текущий коэффициент вскрыши увеличится в 3,3 раза (рис. 20). С выделением этапа развития горных работ до 2025 года значения текущего коэффициента вскрыши не превысят 1,99 м³/т (рис. 21). Среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши до границы выколаживания пластов составит 3,31 м³/т. Его величина не превышает экономически целесообразное значение граничного коэффициента вскрыши. В пределах отработываемых участков 7, 8 с глубины 200 до 350 м среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши равен 1,83 м³/т. По сравнению с участками 8, 12 его значение меньше в 1,7 раза.

При совместной отработке всех запасов карьерного поля двумя комплексами среднеэксплуатационный коэффициент вскрыши не превысит 2,19 м³/т. По сравнению с отработкой только запасов участков 7, 8 увеличение его значения на действующем комплексе разреза «Восточный» не превысит 19,7% до 2025 года. Повышение производственной мощности составит 20%. Это позволит компании за 12 лет дополнительно добыть 58 млн. т угля. Однако годовая производительность разреза по вскрыше с 2016 по 2025 год при добыче 5 млн. т угля получается большой – 23,8 млн. м³ при текущем коэффициенте вскрыши 4,76 м³/т. Срок отработки запасов до глубины 420 м составит около 34 лет.

Поэтому предлагается на глубине 250 м выделить промежуточный этапный контур развития горных работ под углами погашения обоих бортов 31,5 градуса (рис. 17).

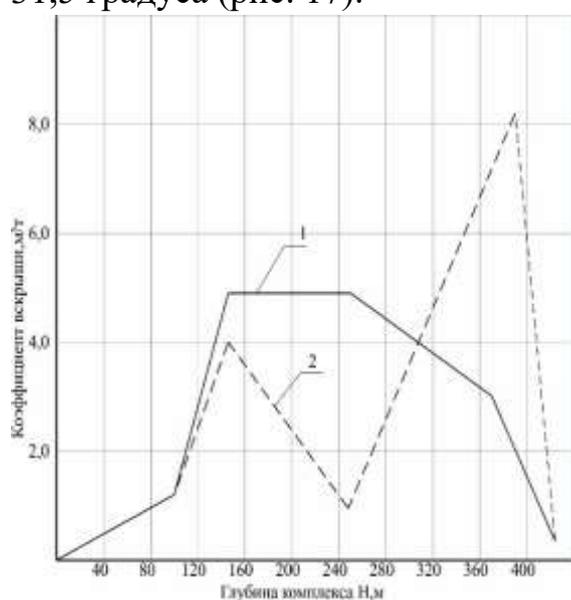


Рисунок 20. График изменения коэффициента вскрыши от глубины нового комплекса разреза без выделения (1) и с выделением (2) этапов развития горных работ

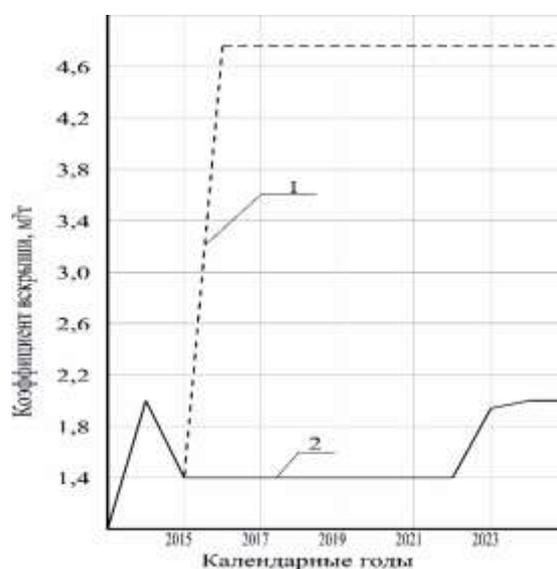


Рисунок 21. График изменения коэффициента вскрыши по годам на новом комплексе разреза без выделения (1) и с выделением (2) этапов развития горных работ

Поэтапная отработка участков 8, 12 до глубины 250 м позволит снизить объемы выемки вскрышных пород на 188 млн. м³ и перенести срок перехода на комбинированный автомобильно-конвейерный транспорт на начало перехода ко второму этапу развития горных работ после 2025 года. Экономия затрат на вскрышные работы составит около 56,4 млрд. тенге. Вовлечение в эксплуатацию запасов нетронутой части участка 8 и большей части запасов участка 12 позволит не только увеличить ежегодную добычу угля до 30 млн.т, но и снизить производительность разреза по вскрыше на новом комплексе до 7-9,94 млн. м³ в год (меньше в 3,4-2,4 раза).

Таким образом, перенос капитальной траншеи внешнего заложения в новое положение на существующем комплексе и выделение этапов развития горных работ на отработке участков 8 и 12 новым комплексом с реализацией предлагаемого способа ведения вскрышных работ ЭАК повысит эффективность эксплуатации разреза «Восточный».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения диссертационной работы полученные результаты позволили сделать следующие заключения:

1. Применяемые схемы циклично-поточной технологии в значительной мере зависят от конкретных горнотехнических условий разработки и типа размера транспорта карьера
2. Обоснования наиболее эффективной технологической схемы ЦПТ необходимо проводить на основе технико-экономической оценки различных технологических схем
3. По мере углубления горных работ возникает необходимость подготовки новых площадок для сооружения полустационарных дробилок.
4. С учетом факторов, влияющих на выбор схемы циклично-поточной технологии, обоснованы схемы формирования дробильно-конвейерных комплексов на бортах карьеров для эффективной разработки глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых с различными условиями их залегания
5. По предлагаемой технологии добыча угля будет увеличена на 50%, что позволит и дальше выделять значительные инвестиции на модернизацию и совершенствование производства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В процессе выполнения диссертационной работы полученные результаты позволили сделать следующие заключения:

1. Ракишев Б.Р., Молдабаев С.К. Повышение мощности разреза «Восточный» при различном падении пластов // Горный информационно аналитический бюллетень, № 5 - М.: Издательство «Горная книга», 2012. С. 61-66.

2. Молдабаев С.К., Бабий Е.В., Т.И.Акилбаев. Моделирование проектирования реконструкции горнотранспортной системы при вытянутых карьерных полях. ISSN 1607-4556 (Print), ISSN 2309-6004 (Online) Геотехнічна механіка. 2016. №130, с. 144-158.

3. Журавлев А.Г., Семенкин А.В. Оценка эффективности циклично-поточной технологии в условиях современных карьеров. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 10. 80–90

4. Дрищенко А.Ю., Молдабаев С.К., Анисимов О.А., Никоненко А.В. Исследование эффективности использования крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах. //Горный журнал Казахстана – Алматы, 2015. - №5.с.36-41

5. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах// Горный журнал. – 2011-№8.с.34-37

6. Мальгин О.Н. и др. Совершенствование циклично-поточной технологии горных работ в глубоких карьерах. - «Фан». Ташкент - 2002 г. -145с.

7. Сапаков Е.А. и др. Разработка циклично-поточной технологии для карьеров корпорации «Казахмыс» // Горный журнал. - 2005 - №5 (специальный выпуск).

8. Коломников С.С., Лашко В.Т, Грищенко Г.Г. Совершенствование схем циклично-поточного производства горных работ в глубоких карьерах.// Горный вестник Узбекистана-2001-№1-С. 36-38.

9. Коломников С.С., Давронбеков У.Ю. Технологическая схема организации промежуточного склада в наклонной траншее комплекса ЦПТ в условиях карьера Мурунтау // Горный вестник Узбекистана 2001.-№2.- С. 35-39.

10. Мельников Н.Н., Усынин В.И., Решетняк С.П. Циклично-поточная технология с передвижными дробильно-перегрузочными комплексами для глубоких карьеров.-Апатиты, 1995.-192с.

11. Ракишев Б.Р. Повышение мощности разреза «Восточный» при различном падении пластов / Б.Р. Ракишев, С.К. Молдабаев // Горный информационно аналитический бюллетень, № 5 - М.: Издательство «Горная книга», 2012. С. 61-66

12. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам / Н.В. Мельников. - М.: Недра, 1982. - 414 с.
13. Яковлев В.Л., Кармаев Г.Д., Берсенев В.А., Сумина И.В. Новые решения в развитии циклично-поточной технологии // Горный журнал.2016.№10.с.54-64
14. Ясюченя С.В., Опасенко П.И., Исайченков А.Б. Проблемы и перспективы циклично-поточной технологии при открытой разработке угольных и рудных месторождений // Рациональное освоение недр. 2014.№3.с.52-6

