

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Филиал Белорусского национального технического университета,
г. Солигорск
Кафедра «Технологии и оборудование разработки месторождений полезных
ископаемых»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой
_____ Я.Л. Городецкий
« ___ » _____

СОГЛАСОВАНО
Директор филиала БНТУ,
г. Солигорск
_____ С.Н. Речиц
« ___ » _____

ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

«ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ»

для специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных
ископаемых (по направлениям)»

Автор:

Б.И. Петровский, д.т.н., профессор кафедры «Технологии и оборудование
разработки месторождений полезных ископаемых» филиала БНТУ,
г. Солигорск.

Рассмотрено и утверждено
на заседании Совета филиала БНТУ, г. Солигорск « ___ » _____,
протокол № ____

г. Минск, 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	6
I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ (КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ).....	8
ВВЕДЕНИЕ.....	8
РАЗДЕЛ 1 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАЛИЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	9
РАЗДЕЛ 2 ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	12
2.1 Понятие о шахте, шахтном поле, руднике, месторождении полезного ископаемого, полезном ископаемом, залежи полезного ископаемого, пустой породе, пласте.....	12
2.1.1 Классификация полезных ископаемых по физическому состоянию	13
2.2 Понятие о способах добычи полезных ископаемых (подземном, открытом). Их сравнительная характеристика	13
2.3 Элементы залегания пласта.....	14
2.4 Классификация угольных пластов и рудных залежей по мощности и углу падения	15
2.5 Простое и сложное строение пластов. Полная, полезная и вынимаемая мощность пластов сложного строения.....	16
2.6 Классификация геологических запасов полезных ископаемых по назначению	17
2.6.1 Геологические запасы полезного ископаемого по пригодности к промышленному освоению месторождения	17
2.6.2 Геологические запасы полезного ископаемого по степени изученности месторождения	18
2.6.3 Геологические запасы полезного ископаемого по готовности к промышленному освоению месторождения	18
2.7 Кондиции на полезное ископаемое и порядок их разработки.....	19
2.8 Потери и разубоживание полезного ископаемого при добыче.....	19
2.9 Геологическое строение Старобинского месторождения калийных солей. Характеристика калийных пластов (горизонтов)	20
2.10 Плотность (объемный вес), коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова, влажность и газоносность пород Старобинского месторождения	28
РАЗДЕЛ 3 ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ПРОХОДКА СТВОЛОВ	29
3.1 Три стадии подземной разработки месторождений	29
3.2 Понятие о стволах, капитальных и подготовительных выработках.....	29
3.3 Понятие о штольне, квершлагае, штреке	30

3.4 Понятие о бремсберге, уклоне, гезенке, шурфе.....	30
3.5 Способы вскрытия шахтных полей.....	31
3.6 Схемы вскрытия шахтных полей вертикальными стволами.....	32
3.6.1 Одногоризонтные схемы вскрытия пологих и наклонных пластов вертикальными стволами с капитальными квершлагами.....	32
3.6.2 Многогоризонтные схемы вскрытия пологих и наклонных пластов вертикальными стволами с горизонтными квершлагами.....	33
3.6.3 Схема вскрытия свиты крутонаклонных и крутых пластов вертикальными стволами с этажными квершлагами.....	34
3.7 Особенности вскрытия шахтных полей калийных месторождений.....	35
3.8 Способы проходки стволов.....	38
3.9 Способы подготовки калийных пластов к очистной выемке в начальной стадии подготовки. Понятие о горизонте, блоке, крыле.....	40
3.10 Подготовка калийных пластов к очистной выемке после разделения их на горизонты, блоки или крылья при столбовой и камерной системам разработки.....	41
РАЗДЕЛ 4 ПРОВЕДЕНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК	44
4.1 Формы и размеры поперечного сечения горизонтальных горных выработок и порядок их определения при использовании пневмоколесного и конвейерного транспорта	44
4.2 Способы проходки горизонтальных и наклонных горных выработок.....	45
4.3 Крепь горных выработок и требования к ней	46
4.3.1 Крепь горизонтальных и наклонных выработок	47
4.3.2 Крепь вертикальных выработок	48
4.3.3 Армирование вертикальных стволов. Типы армирования	49
4.3.4 Требования к горной крепи.....	49
4.4 Деревянная крепь горизонтальных и наклонных выработок и ее элементы.....	50
4.5 Материалы для горной крепи: лесные материалы, металл, вяжущие вещества, растворы и бетон	51
4.6 Анкерная крепь и ее виды, применяемые на Старобинском месторождении. Режимы нагружения анкерной крепи	52
4.6.1 Крепь анкерная замковая (КАЗ)	54
4.6.2 Крепь анкерная винтовая металлическая (КАМВ).....	55
4.6.3 Крепь анкерная винтовая замковая цельная КАВ(ЗЦ).....	55
4.7 Проходческий цикл.....	56
4.8 Проходческие комбайны с исполнительным органом избирательного и бурового действия, их конструкция и производительность.....	58
4.9 Шпурь врубовые, отбойные и оконтуривающие. Основные типы врубов при проведении выработок	64

4.10 Погрузка и доставка руды при буровзрывном и комбайновом способах проведения горизонтальных и наклонных выработок	65
4.11 Способы охраны горных выработок на Старобинском месторождении	68
4.11.1 Способ охраны компенсационными щелями	68
4.11.2 Способ охраны разгружающими выработками	69
4.12 Трещиноватость горных пород и ее влияние на устойчивость горных выработок.....	70
4.13 Ремонт горных выработок.....	71
РАЗДЕЛ 5 ВЕНТИЛЯЦИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ. ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ	73
5.1 Способы вентиляции шахт и рудников	73
5.2 Проветривание подземных выработок	74
5.3 Способы проветривания тупиковых выработок вентиляторами местного проветривания (ВМП).....	75
5.4 Шахтный и атмосферный воздух. Микроклимат горных выработок.....	76
5.5 Метан и его свойства, виды выделения	78
5.6 Газовый и пылевой режимы в подземных выработках. Установление категории угольных шахт по газу.....	79
5.7 Порядок отнесения соляных рудников к опасным по газу. Дополнительные требования для рудников, опасных по газу	82
5.8 Подземный транспорт и его виды	84
РАЗДЕЛ 6 СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ И ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	87
6.1 Классификация систем разработки калийных месторождений	87
6.2 Особенности разработки калийных месторождений	88
6.3 Камерная система разработки калийных месторождений с оставлением жестких и податливых целиков и комбайновым способом выемки.....	90
6.4 Комбинированная система разработки Третьего калийного пласта Старобинского месторождения	92
6.5 Столбовая система разработки пластовых месторождений	94
6.6 Системы разработки пластовых месторождений короткими столбами....	95
6.7 Сплошная система разработки пластовых месторождений	98
6.8 Основные направления совершенствования систем разработки на Старобинском месторождении	99
РАЗДЕЛ 7 ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ	101
7.1 Способы выемки полезного ископаемого при разработке калийных и пластовых месторождений	101
7.2 Понятие об отбойке руды при очистных работах. Требования к процессам отбойки руды	102

7.3	Преимущества и недостатки комбайнового способа очистной выемки калийной руды по сравнению с буровзрывным способом	103
7.4	Комплексно-механизированные очистные забои и механизированные комплексы при отработке пластовых месторождений.....	103
7.5	Очистные комбайны и механизированные крепи для длинных очистных забоев.....	105
7.6	Технология очистных работ с применением струговых установок	115
7.7	Валовая и селективная выемка лавами слоев Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3, 3 Третьего калийного пласта Старобинского месторождения	116
7.8	Оптимальное соотношение между очистными и подготовительными работами (забоями) в шахте	119
7.9	Понятие об операции, сущность и содержание основных, вспомогательных и подготовительно-заключительных операций при добыче полезных ископаемых.....	120
7.10	Понятие о производственном процессе. Структура производственных процессов в шахте, в пределах выемочного участка.....	121
7.11	Основные требования, предъявляемые к производственным процессам при разработке калийных месторождений	122
7.12	Процессы выемки, крепления и управления кровлей при отработке калийных и угольных пластов длинными очистными забоями (лавами)	123
7.13	Процессы управления качеством рудной массы на калийных рудниках.....	126
II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....		127
2.1	Перечень тем практических занятий.....	127
2.2	Методические указания по выполнению курсового проекта.....	127
III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....		156
3.1	Средства диагностики результатов учебной деятельности	156
3.2	Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов.....	156
IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....		158
4.1	Список рекомендуемой литературы	158
ПРИЛОЖЕНИЕ А		160

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (далее ЭУМК) по учебной дисциплине «Подземные горные работы» предназначен для студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)».

В соответствии с учебным планом подготовки студентов специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)» дисциплина «Подземные горные работы» включена в перечень дисциплин, изучаемых на 3 и 4 курсах первой ступени высшего образования.

При написании ЭУМК использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, технических нормативно-правовых актах, научных статьях, материалах научно-практических конференций.

Целью ЭУМК является формирование у студентов знаний, умений и профессиональных навыков в области подземной разработки месторождений полезных ископаемых и подготовка студентов к дальнейшему изучению профилирующих дисциплин.

Основная задача при изучении курса – приобретение студентами знаний по технологии горных работ и связанных с ней процессов проведения и крепления подготовительных выработок, очистной выемке пластов с указанием применяемых средств механизации.

В процессе освоения дисциплины «Подземные горные работы» студенты изучают:

- перспективы развития калийной промышленности в Республике Беларусь;
- способы и принципиальные схемы вскрытия и подготовки шахтных полей, системы разработки и технологию ведения очистных и подготовительных работ, область их эффективного применения;
- современные средства механизации ведения горных работ, технологию выполнения производственных процессов;
- технологию и механизацию горных работ в условиях Старобинского месторождения;
- способы крепления, охраны и поддержания подготовительных и очистных выработок;
- вентиляцию шахт и рудников, подземный транспорт;
- общие вопросы охраны труда и техники безопасности при ведении подготовительных и очистных работ.

Научатся:

- выполнять инженерные расчеты для обоснования принятых технических решений по проведению и креплению горных выработок;
- определять нагрузку на очистной забой;
- выбирать системы разработки для конкретных горно-геологических и горнотехнических условий по укрупненным показателям горной обстановки.

Приобретают навыки по:

- по изучению и анализу горно-геологических условий месторождения с целью принятия обоснованных технических решений по вскрытию и подготовке запасов на шахтных полях, технологии и механизации горных работ, охране и креплению очистных и подготовительных выработок;
- по работе с литературными источниками, нормативными и методическими документами;
- по оформлению курсового и дипломного проектов (курсовой работы) в соответствии с единой системой стандартизации БНТУ.

Структурирование и подача учебного материала

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по учебной дисциплине «Подземные горные работы». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний, вспомогательного.

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения дисциплины «Подземные горные работы» в объеме, установленном учебным планом и учебной программой для специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)».

В практическом разделе ЭУМК приведены темы практических занятий и курсового проекта.

Раздел контроля знаний включает примерный перечень вопросов для самостоятельной работы студентов.

Во вспомогательный раздел входит перечень основных и вспомогательных литературных источников.

Предложенные материалы являются основой для изучения учебной дисциплины «Подземные горные работы» для специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ (КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ)

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при добыче полезных ископаемых наибольшее распространение получили открытый и подземный способы разработки. С переходом на более глубокие горизонты открытый способ становится все менее выгодным или невозможным в связи с большой глубиной залегания месторождений. Таким образом, подземная разработка занимает важное место в обеспечении государства полезными ископаемыми.

Подземной разработкой называются горные работы, производимые в массиве горных пород по вскрытию, подготовке и очистной выемке полезного ископаемого.

В Республике Беларусь подземным способом разрабатываются калийные соли на Старобинском и Петриковском месторождениях. Так как калийные соли на этих месторождениях залегают в виде пластов, то технология и механизация при их добыче не отличаются от пологопадающих угольных пластов. Поэтому в предложенных для изучения дисциплины «Подземные горные работы» материалах много внимания уделено разработке пластовых месторождений».

Курс «Подземные горные работы» является специальной дисциплиной. Изучение этой дисциплины базируется на знаниях общенаучных и общепрофессиональных дисциплин, в том числе дисциплин: «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых», «Инженерная и горная графика», «Физика горных пород» и по существу является общей исходной базой по подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

В конспекте лекций по дисциплине «Подземные горные работы» освещены перспективы развития калийной промышленности в Республике Беларусь. Содержится горно-геологическая характеристика месторождений полезных ископаемых. Рассмотрены вопросы вскрытия и подготовки, проведения и поддержания горных выработок, вентиляции шахт и рудников, подземного транспорта на пластовых месторождениях. Описаны оборудование, системы разработки и технологические схемы ведения очистных работ на калийных рудниках и угольных шахтах.

РАЗДЕЛ 1 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАЛИЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В настоящее время добыча калийной соли в РБ ведется на Старобинском и Петриковском месторождениях. Старобинское месторождение включает в себя 4 шахтных поля. Каждое шахтное поле разрабатывается отдельным рудоуправлением (1 РУ, 2 РУ, 3 РУ, 4 РУ). В состав 3 РУ и 4 РУ входит один рудник, а в состав 1 РУ и 2 РУ – два рудника. На каждом рудоуправлении имеется обогатительная фабрика.

До 2002 года на каждом шахтном поле из 4-х разведанных калийных горизонтов (Первый, Второй, Третий, Четвертый) эксплуатировались только два горизонта – Второй и Третий.

После освоения на месторождении селективной выемки Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3, 3 Третьего калийного пласта был введен в эксплуатацию в 2002 году на 1 РУ Первый калийный горизонт, который ранее из-за большого (более 10 %) содержания нерастворимого остатка (НО) был отнесен к забалансовым и не подлежал разработке. Промышленные запасы (извлекаемые) горизонта составляют около 80 миллионов тонн. Годовая добыча – 2,5 млн. тонн.

Отработку Первого калийного пласта планируется вести также на шахтных полях 3 РУ и 4 РУ. Прогнозируемые промышленные запасы на 3 РУ – 43 млн. т, на 4 РУ – 118 млн. т. Проектная годовая добыча на руднике 3 РУ – 2,5 млн. т, на руднике 4 РУ – 3,0 млн. т.

С 2009 года введен в эксплуатацию Краснослободский рудник с проектной мощностью 6 млн.т. руды в год и транспортированием руды по поверхности на обогатительную фабрику 2 РУ. Промышленные запасы рудника оцениваются в 170 млн. тонн на Третьем калийном горизонте. В 2021 году рудником добыто более 8 млн.т. руды, а с ГПР – более 10 млн.т., заскладирован 1,05 млн. т.

В 2016 году на Третьем калийном горизонте этого рудника осуществлен переход западного разлома, что позволило подойти к более богатым запасам калийных солей.

В начале 2018 года на Краснослободском руднике приступили к проходке трех бремсбергов с Третьего калийного горизонта для вскрытия запасов Второго калийного горизонта, которые оцениваются в 94 млн. тонн и ранее считались забалансовыми из-за большого содержания нерастворимого остатка (НО). В настоящее время все три бремсберга пройдены и ведется проходка капитальных и подготовительных выработок с тем, чтобы в 2023 году запустить в эксплуатацию первую селективную лаву.

В 2015 году начато вскрытие Четвертого калийного горизонта на 2 РУ тремя уклонами с Третьего калийного горизонта. К середине 2019 года все уклоны были пройдены и началась проходка капитальных и подготовительных выработок. В начале 2021 была введена в эксплуатацию первая селективная лава.

Одновременно с освоением Четвертого калийного горизонта на шахтном поле 2 РУ начато вскрытие его на шахтном поле 1 РУ тремя уклонами (конвейерным, транспортным и вентиляционным) длиной 2200 м каждый. К началу 2021 года пройдено примерно по 1000 м каждого уклона.

Для поддержания мощности 1 РУ в 2012 году построен Березовский участок на Третьем калийном горизонте шахтного поля 4 РУ с годовой добычей 6,0 млн. тонн и транспортировкой руды по поверхности на обоганительную фабрику 1 РУ. С января 2020 года Березовский участок переименован в Березовский рудник, который передан с 4 РУ на 1 РУ.

В 2021 году Березовским рудником было добыто более 8 млн.т. руды.

Таким образом, как уже было сказано ранее, на 1 РУ и 2 РУ кроме своих рудников есть еще по одному руднику – Краснослободскому (2 РУ) и Березовскому (1 РУ), а с учетом Петриковского рудника добычу руды в ОАО «Беларуськалий» ведут 7 рудников.

В мае 2019 года дан старт строительству нового Дарасинского рудника с проектной мощностью в 8 млн. тонн руды в год. Транспортировка руды с Дарасинского рудника будет осуществляться поверхностным ленточным конвейером длиной 7,2 км на обоганительную фабрику 3 РУ. Шахтное поле рудника простирается от д. Погост в направлении д. Гуляево Слуцкого района. В настоящее время ведутся работы по проходке стволов-скипового глубиной 805 м и клетьевого глубиной 772 м. Первую руду с Дарасинского рудника планируется получить в 2023 году, а уже в 2027 году рудник должен выйти на проектную мощность. Срок службы нового рудника – не менее 50 лет.

Намечено строительство рудника на Нежинском участке Старобинского месторождения. Нежинский участок расположен в Любанском районе и граничит с шахтным полем 4 РУ.

Для увеличения производственной мощности ОАО «Беларуськалий» и сохранения им достигнутых позиций на мировом рынке реализуется крупнейший в стране инвестиционный проект по разработке Петриковского месторождения калийных солей. Месторождение находится в Гомельской области и вскрыто двумя стволами – скиповым глубиной 808 м и клетьевым глубиной 725 м. Проходка стволов велась с высокой скоростью – более 80 метров в месяц. Первая лава (1-1) была запущена в апреле 2021 года. Производственная мощность нового рудоуправления по выпуску калийных удобрений – не менее 1,5 млн. тонн в год. Срок завершения инвестиционного

проекта – январь 2022 года (4 лавы). Запасы калийных солей на Петриковском месторождении оцениваются в 1,8 млрд. тонн. Новому предприятию «Беларуськалия» их хватит на 100 лет.

В более отдаленной перспективе для ОАО «Беларуськалий» рассматриваются:

- на Старобинском месторождении – Дроздовский калиеносный участок с предварительно оцененными запасами 400 млн. тонн;

- на Петриковском месторождении – Копаткевичский калиеносный участок с предварительно оцененными запасами 300 млн. тонн.

Кроме того, предусматривается освоение нового Октябрьского месторождения в Гомельской области с запасами 600 млн. тонн.

РАЗДЕЛ 2 ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2.1 Понятие о шахте, шахтном поле, руднике, месторождении полезного ископаемого, полезном ископаемом, залежи полезного ископаемого, пустой породе, пласте

Шахта, рудник – производственная единица горного предприятия, предназначенная для подземной разработки полезного ископаемого в пределах отведенной для нее части месторождения (шахтного поля, рудничного поля).

В шахте преимущественно добываются горючие полезные ископаемые – угли, сланцы, битум, а *в руднике* – руды, горно-химическое сырье, строительные материалы.

Шахтное поле – месторождение или его часть, отводимая одной шахте для разработки полезного ископаемого.

В случае разработки (преимущественно подземным способом) руд, горно-химического сырья, строительных материалов пользуются понятием «рудник». И в случае разработки месторождения рудником обычно пользуются понятием «*рудничное поле*».

Месторождение полезного ископаемого – природное скопление полезного ископаемого. Месторождение считается промышленным, если разработка его в данных экономических и географических условиях, при современном уровне техники и технологии целесообразна.

Полезное ископаемое – природное минеральное образование органического или неорганического происхождения, которое может с достаточным экономическим эффектом использоваться человеком.

Пласт полезного ископаемого – залежь полезного ископаемого, ограниченная двумя приблизительно параллельными поверхностями и занимающая значительную площадь.

Залежь полезного ископаемого представляет собой тело с промышленным содержанием полезных компонентов, размещенное в массиве горных пород и ограниченное поверхностями раздела с вмещающими породами.

По своей форме залежи подразделяют на пластовые и пластообразные, столбообразные линзообразные, жильные, изометрические и сложные.

Пластообразная залежь отличается от пластовой менее выдержанной формой и мощностью.

Пустая порода – горные породы, окружающие полезное ископаемое или включенные в него и не являющиеся объектом извлечения полезных компонентов.

2.1.1 Классификация полезных ископаемых по физическому состоянию

По физическому состоянию различают полезные ископаемые:

– *твердые* (уголь, руды металлов, горно-химическое и строительное сырье и др.);

– *жидкие* (нефть, минеральные воды и др.);

– *газообразные* (горючие газы).

Наиболее распространенными являются твердые полезные ископаемые, которые могут быть классифицированы следующим образом:

– *горючие полезные ископаемые* (уголь, сланцы, битум);

– *руды черных металлов* (железо, марганец, хром, титан, ванадий);

– *руды цветных металлов* (алюминий, медь, свинец, цинк, олово и др.).

2.2 Понятие о способах добычи полезных ископаемых (подземном, открытом). Их сравнительная характеристика

Добыча полезных ископаемых может вестись открытым и подземным способами.

При открытом способе горные работы ведутся в карьерах под открытым небом, а при подземном – под землей.

Преимущества открытого способа:

1) возможность применения мощных, высокопроизводительных машин и механизмов, что обеспечивает высокий уровень комплексной механизации и автоматизации ведения горных работ, высокую производительность труда и меньшую себестоимость добычи полезного ископаемого;

2) отсутствие стесненных условий работы, достаточное количество света и воздуха, что обеспечивает высокую безопасность, комфортность, лучшие санитарно-гигиенические условия;

3) возможность широкого применения селективной выемки, что обеспечивает более высокое качество добываемой руды;

4) удельные капитальные затраты и сроки строительства карьера меньше, чем рудника или шахты такой же мощности;

5) производственную мощность карьера можно увеличивать в более короткие сроки, чем рудника или шахты.

Недостатки открытого способа:

1) при большой глубине залегания месторождений или небольшой мощности залежей приходится перерабатывать большие объемы пород при вскрышных работах, в несколько раз превышающие объемы добычи полезного ископаемого;

2) зависимость от климатических условий, что создает большие трудности при работе в районах с суровыми климатическими условиями, особенно в зимний период, где выпадает много осадков, а также в районах с постоянно меняющимся климатом;

3) нарушение значительных площадей земли, в том числе сельскохозяйственных угодий, загрязнение атмосферы и гидросферы.

2.3 Элементы залегания пласта

К элементам залегания пласта относятся: (рисунок 2.1) простирание (длина) – линия AB , падение-восстание (ширина) – линия CD , мощность (толщина) – m , угол падения – α и глубина залегания – H .

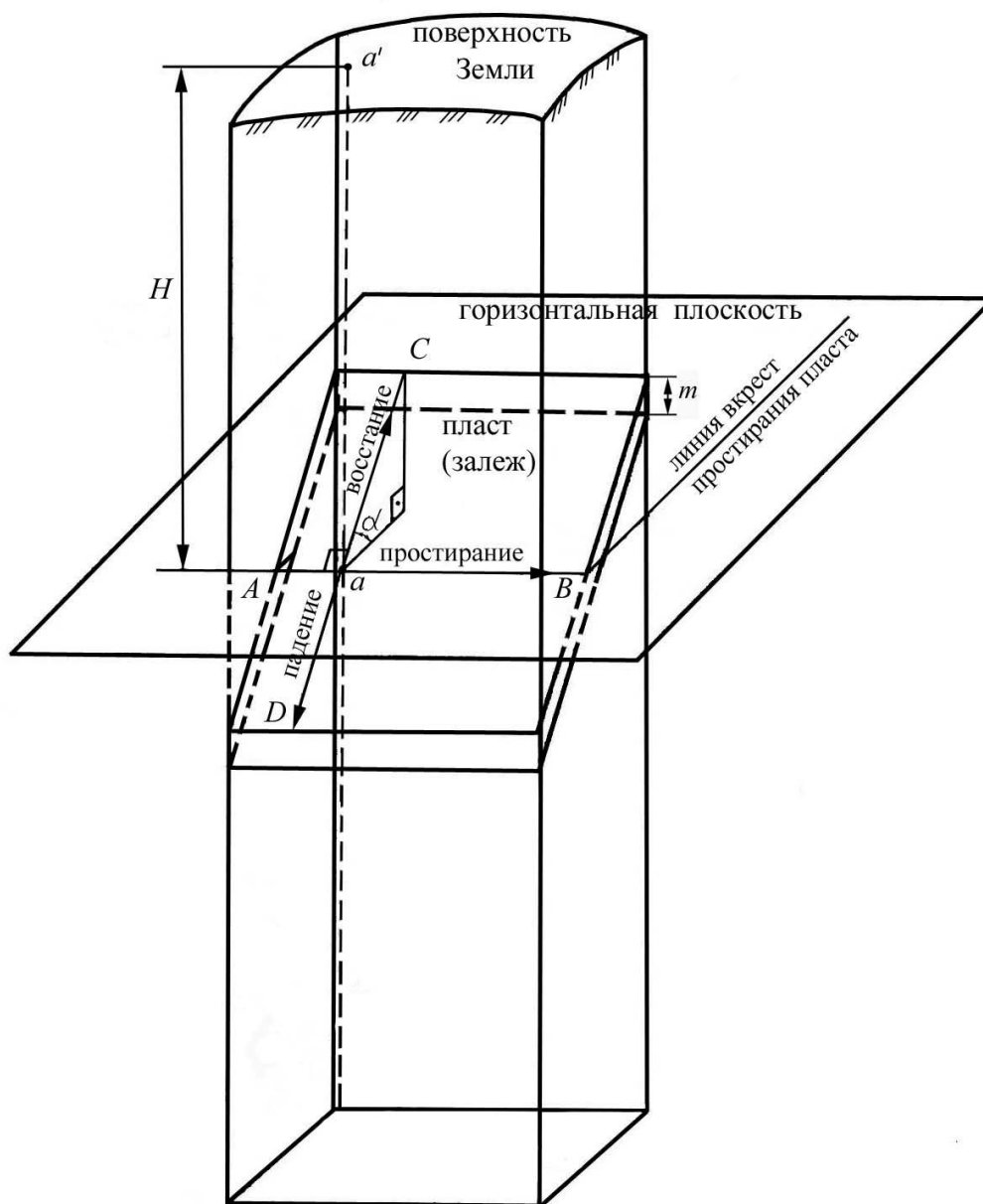


Рисунок 2.1 – Элементы залегания пластовой залежи (пласта)

Мощностью пласта m называется расстояние по нормали между кровлей и почвой пласта. Такую мощность еще называют нормальной или истинной (рисунок 2.2).

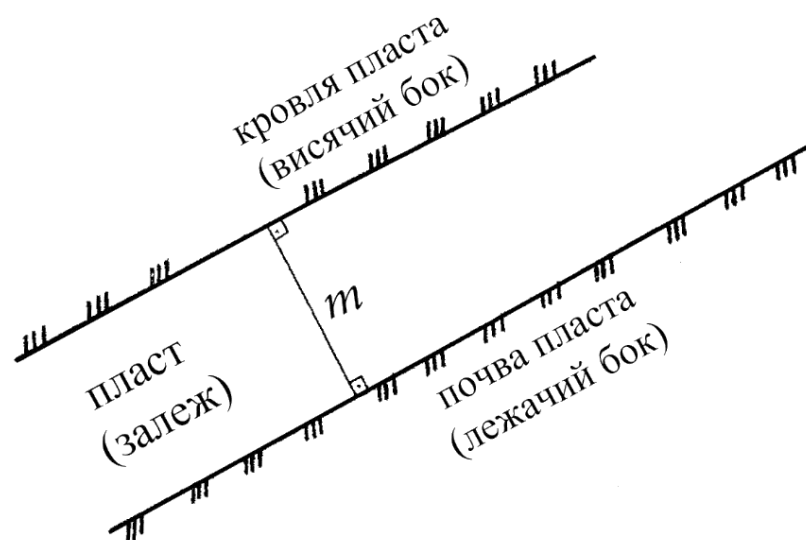


Рисунок 2.2 – Мощность пластовой залежи (пласта)

Углом падения α называется вертикальный угол, составленный линией падения-восстания с горизонтальной плоскостью. Угол падения измеряется от 0 до 90° (смотри рисунок 2.1).

Глубиной залегания H называется расстояние по вертикали между уровнем поверхности и кровлей пласта (смотри рисунок 2.1).

Горные породы, в которых залегает пласт, называют **боковыми (вмещающими) породами**. Горные породы, лежащие непосредственно над пластом, называют **кровлей пласта**. Горные породы, лежащие непосредственно под пластом, называют **почвой пласта**. У крутых пластов почву часто называют **лежащим боком**, а кровлю – **висячим боком**.

2.4 Классификация угольных пластов и рудных залежей по мощности и углу падения

По мощности различают следующие группы рудных залежей (в том числе в форме пласта):

- весьма тонкие (m менее 0,7 м);
- тонкие (m от 0,7 до 2 м) } наши;
- средней мощности (m от 2 до 5 м) } наши;
- мощные (m от 5 до 20 м);
- весьма мощные (m более 20 м).

Угольные пласты по мощности разделяют на:

- весьма тонкие (m менее 0,7 м);

- тонкие (m от 0,7 до 1,2 м) } *наши*;
- средней мощности (m от 1,2 до 3,5 м) } *наши*;
- мощные (m более 3,5 м) } *наши*.

По углу падения рудные залежи (в том числе в форме пласта) разделяют на:

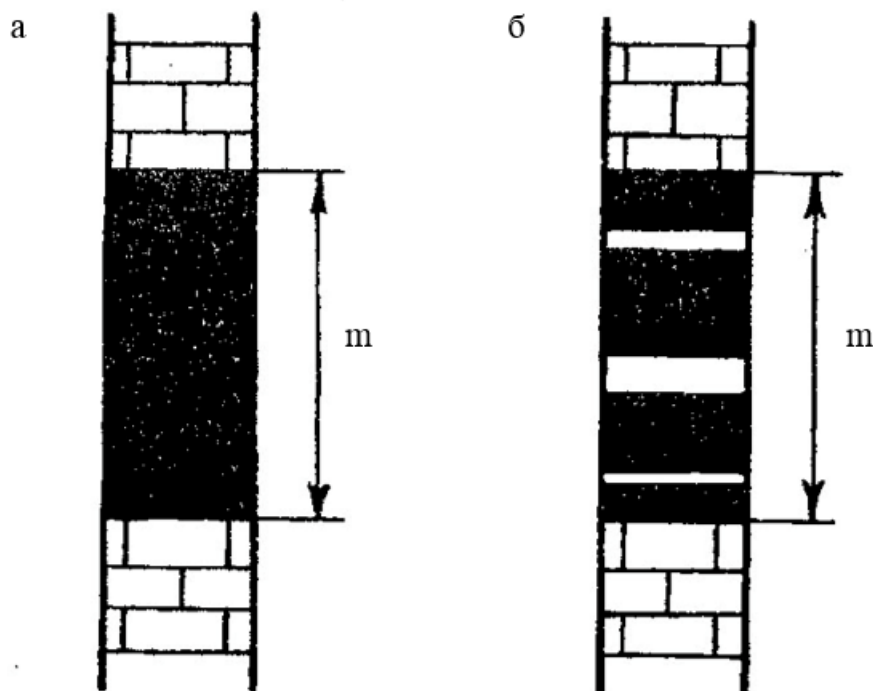
- горизонтальные (α до 3°);
- пологие (или пологопадающие) (α до 25°);
- наклонные (α от 25° до 45°);
- крутые (или крутопадающие) (α от 45° до 90°).

Угольные пласты по углу падения разделяются на:

- пологие (α до 18°);
- наклонные (α от 18° до 35°);
- крутонаклонные (α от 35° до 55°);
- крутые (α от 55° до 90°).

2.5 Простое и сложное строение пластов. Полная, полезная и вынимаемая мощность пластов сложного строения

Различают пласты **простого** и **сложного** строения (рисунок 2.3). Пласт простого строения имеет однородное строение (т.е. состоит только из полезного ископаемого). В пласте сложного строения полезное ископаемое разделяется на отдельные слои (пачки) прослойками породы.



а – простое, б – сложное строение

Рисунок 2.3 – Схемы строения пластов

Мощность пластов сложного строения различают по следующим основным ее технологическим видам: полная, полезная, вынимаемая. Мощность пласта вместе с находящимися в нем прослойками породы называют **полной мощностью**. **Полезная мощность** пласта равна его полной мощности за вычетом суммы мощностей всех прослоек породы. Суммарную мощность пачек полезного ископаемого и прослоек породы, фактически вынимаемых при разработке, называют **вынимаемой мощностью** пласта.

2.6 Классификация геологических запасов полезных ископаемых по назначению

Запасы полезных ископаемых подсчитывают по наличию их в недрах без учета потерь при добыче и переработке.

Все запасы полезного ископаемого в пределах выявленной части месторождения называют **геологическими**.

Их классифицируют по трем признакам:

- а) пригодности к промышленному освоению;
- б) степени изученности;
- в) готовности к промышленному освоению.

2.6.1 Геологические запасы полезного ископаемого по пригодности к промышленному освоению месторождения

По пригодности к промышленному освоению геологические запасы делят на:

- балансовые;
- забалансовые.

Балансовые запасы – запасы, разработка которых экономически целесообразна при существующем уровне техники и технологии (т.е. запасы, удовлетворяющие требованиям кондиций).

Забалансовые запасы – запасы, разработка которых в настоящее время экономически нецелесообразна вследствие малого количества, малой мощности, низкого содержания ценных компонентов, особой сложности условий эксплуатации, необходимости применения очень сложных процессов обогащения, но которые в дальнейшем могут быть объектом промышленного освоения (то есть это запасы, не удовлетворяющее требованиям кондиций).

Итак, разграничение балансовых и забалансовых запасов осуществляется на основе кондиций.

2.6.2 Геологические запасы полезного ископаемого по степени изученности месторождения

По степени изученности месторождений запасы полезных ископаемых разделяют на:

- разведанные – категории A , B , C_1 ;
- предварительно оцененные – категории C_2 .

Категория A – запасы, детально разведанные с помощью скважин и горных выработок; имеются все данные о качестве полезного ископаемого.

Категория B – запасы, разведанные с помощью скважин и разведочных выработок; выявлены основные особенности залегания и качества полезного ископаемого без точного оконтуривания участков с кондиционными и некондиционными запасами.

Категория C_1 – запасы, определенные на основании более редкой сети буровых скважин или разведочных выработок и экстраполяции по геологическим и геофизическим данным.

Категория C_2 – запасы, предварительно оцененные по геологическим данным; контур категории принят по данным примыкающих разведанных участков.

2.6.3 Геологические запасы полезного ископаемого по готовности к промышленному освоению месторождения

По готовности к промышленному освоению запасы месторождений разделяют на:

- вскрытые;
- подготовленные;
- готовые к выемке.

Вскрытые запасы – промышленные запасы месторождения или его части, находящиеся выше горизонта подсечки капитальными вскрывающими выработками, из которых намечается проведение подготовительных горных выработок.

Подготовленные запасы – часть вскрытых запасов на участках, в которых пройдены все подготовительные горные выработки, предусмотренные проектом принятой системы разработки и **дающие возможность начать проведение нарезных (монтажных) выработок.**

Готовые к выемке – часть подготовленных запасов на участках, в которых пройдены все нарезные (монтажные) выработки и устранены различные причины, которые могут задержать начало очистной выемки.

2.7 Кондиции на полезное ископаемое и порядок их разработки

Разграничение запасов на *балансовые и забалансовые* (как уже было отмечено ранее) осуществляется на основе **кондиций**.

Кондиции на полезное ископаемое – это комплекс требований к количеству и качеству полезного ископаемого, отражающих техническую возможность и экономическую целесообразность промышленного его использования в течении определенного периода времени.

К основным требованиям можно отнести:

- минимальное количество полезного ископаемого в недрах, пригодное для промышленного его пользования;
- минимальное содержание в полезном ископаемом полезного компонента;
- минимальное допустимое содержание вредных компонентов в полезном ископаемом;
- минимальная мощность залежи;
- возможность рентабельной отработки месторождения с проектной мощностью не менее определенного периода времени, разного для каждого месторождения.

Кондиции для подсчета запасов разрабатываются применительно к отдельным месторождениям полезных ископаемых (или для групп месторождений с аналогичными условиями) самими предприятиями или соответствующими научно-исследовательскими организациями. Определение кондиций является весьма сложным вопросом, и правильное решение его возможно только при совместном участии высококвалифицированных геологов, горняков, обогатителей, экономистов.

2.8 Потери и разубоживание полезного ископаемого при добыче

Потерями полезного ископаемого называется часть балансовых запасов, безвозвратно оставленная или не извлеченная из недр при разработке месторождения; или добытая, но отправленная в породные отвалы; или оставленная в местах складирования, погрузки и так далее.

Потери, предусматриваемые проектом, называются **проектными потерями (П)**.

Проектные потери (П) делятся на:

- общешахтные;
- эксплуатационные.

К **общешахтным потерям** относятся потери в предохранительных (охранных) и барьерных целиках.

К эксплуатационным потерям относятся потери, связанные с технологией ведения горных работ. К ним относятся также потери по геологическим и гидрогеологическим причинам.

Промышленными запасами называется часть балансовых запасов, которая извлекается и доставляется на поверхность при полной отработке месторождения. То есть промышленные запасы получают путем исключения из балансовых запасов проектных потерь.

Примешивание породы к полезному ископаемому в процессе его добычи и происходящее в результате этого снижение качества добытого полезного ископаемого по сравнению с природным называют **разубоживанием**.

2.9 Геологическое строение Старобинского месторождения калийных солей. Характеристика калийных пластов (горизонтов)

Старобинское месторождение калийных солей площадью около 350 км² расположено в пределах Солигорского, Любанского и Слуцкого районов (рисунок 2.4). В геологическом строении месторождения принимают участие осадочные комплексы палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений. Калийная залежь в соляной толще простирается в направлении близком к широтному, падение пластов – северо-восточное (угол падения, в основном, 2-3°). Залежь состоит из четырех калийных горизонтов – с первого по четвертый (сверху вниз) – рисунок 2.5. Над соленосной толщей располагается глинисто-мергелистая толща, выше которой залегают меловые, третичные и четвертичные отложения.



Рисунок 2.4 – Схематическая карта районирования Старобинского месторождения

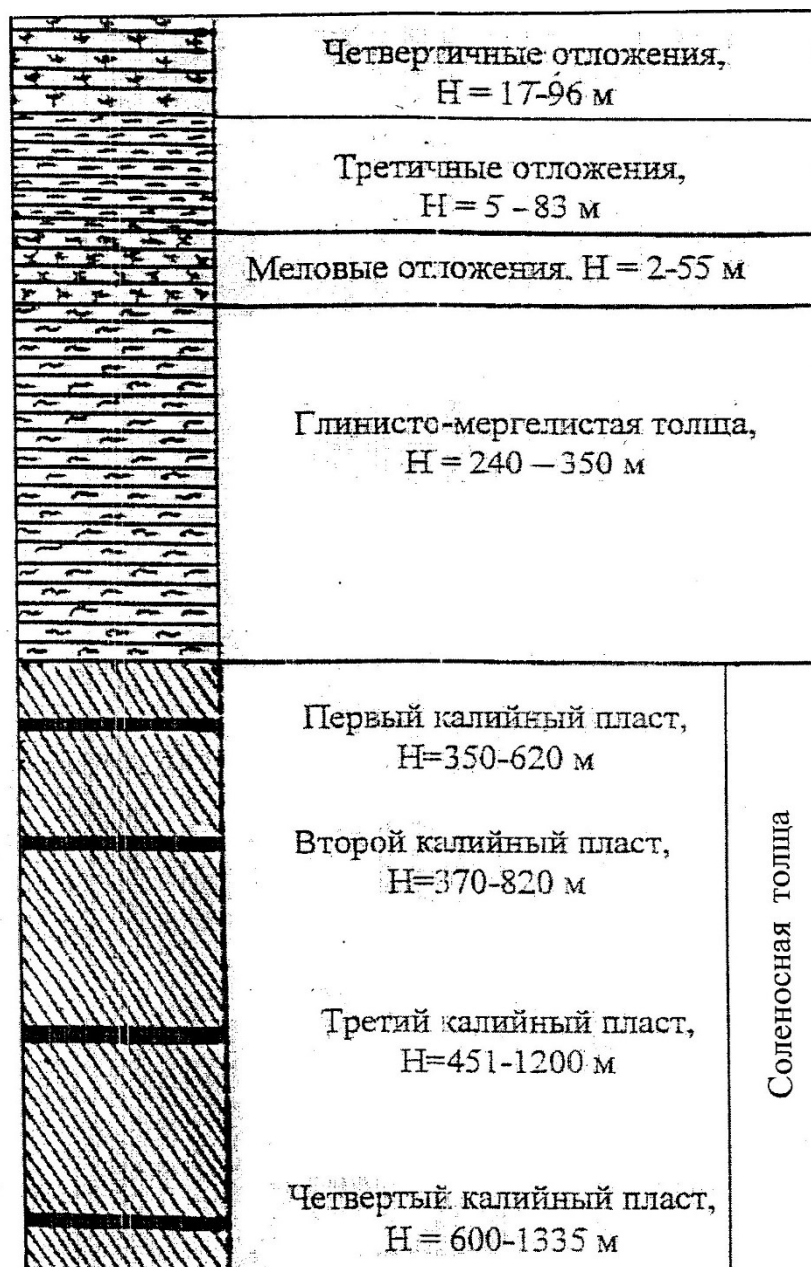


Рисунок 2.5 – Стратиграфический разрез Старобинского месторождения

Первый калийный горизонт расположен, в основном, в центре месторождения на глубине 350-620 м. Горизонт разделен на три пачки: верхнюю и нижнюю сильвинитовые и среднюю глинисто-карналлитовую общей мощностью от 3,9 до 7,5 м.

Горизонт ранее был отнесен к забалансовым, так как не отвечал требованиям кондиций по качеству для Старобинского месторождения:

- содержание KCl – не менее 16 %;
- содержание NO – не более 10 %;
- содержание $MgCl^2$ – не более 3,5 %.

В то же время из-за недостаточности запасов в настоящее время на руднике 1 РУ вовлечена в отработку верхняя сильвинитовая пачка мощностью 2,0-2,2 м. Состав и строение этой пачки (сильвинитовые слои 3, 4, 5 и

расположенные между ними галитовые слои 3-4, 4-5) показано на рисунке 2.6. Вовлечение в отработку верхней сильвинитовой пачки стало возможным после разработки технологии и оборудования для его селективной выемки.

Второй калийный горизонт мощностью 1,7-3,2 м залегает на глубине 370-820 м. Горизонт представлен двумя (верхним и нижним) слоями сильвинита и одним (средним) слоем каменной соли (галита) – (рисунок 2.7). В настоящее время запасы Второго калийного горизонта на Первом и Втором шахтных полях полностью погашены.

Третий калийный горизонт залегает на глубине 450-1200 м, распространен по всей площади месторождения и включает три пласта: верхний сильвинитовый, средний глинисто-карналлитовый и нижний сильвинитовый. Мощность верхнего пласта 1-4,5 м, среднего 4,5-17 м, нижнего 7-8 м. Нижний пласт – промышленный. Он состоит из шести (снизу вверх) сильвинитовых слоев (1, 2, 3, 4, 5 и 6), разделенных слоями каменной соли 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 и 5-6. В разработке находятся слои 2, 3 и 4 суммарной мощностью 4-4,8 м. Содержание KCl составляет 21-24 % (в сильвинитовых слоях 26,9-48,8 %), нерастворимый остаток (HO) от 2 до 9 %. Местами 5 и 6 слои сильвинита замещены галитом и карналлитом. Строение и состав нижнего промышленного пласта показано на рисунке 2.8.

Четвертый калийный горизонт является забалансовым и залегает на глубине 600-1335 м. Мощность пласта изменяется от 1,5 м до 40 м. В его разрезе выделяется до 22-х сильвинитовых слоев. Наиболее выдержанными по мощности и составу являются слои 5-8 и 10, которые могут рассматриваться как наиболее перспективные для вовлечения в отработку в будущем. Строение и состав промышленного пласта показано на рисунке 2.9.

Индекс слоя	Разрез	Мощность, м			Содержание КСI, %			Содержание Н.О., %		
		от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5		0,13	0,70	0,36	15,81	47,06		1,06	8,80	
4-5		0,18	0,65	0,356	5,52	18,73		17,14	69,89	
4		0,07	1,08	0,586	17,39	52,49		1,34	5,94	
3-4		0,07	1,22	0,53	1,24	15,83		27,31	89,62	
3		0,07	0,8	0,35	19,82	5,25		2,39	9,80	
				Σ 2,18 м						
2-3		0,43	2,65	0,19	0,89	12,58		8,04	58,06	
2		0,1	0,40		20,78	42,85		1,29	12,60	
1-2		0,18	0,70		2,76	10,70		21,57	80,5	
1		0,13	0,90		16,37	51,82		2,90	13,28	

Условные обозначения



СИЛЬВИНИТ



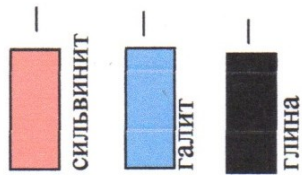
ГАЛИТ



ГЛИНА

Рисунок 2.6 – Геологический разрез, состав и строение Первого калийного пласта

Условные обозначения



Индекс слоя	Разрез	Мощность, м			Содержание КСI, %			Содержание Н.О., %		
		от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Верхний сильвинитовый слой 1		0,58	1,00	0,84	25,36	43,88	38,00	2,68	9,08	4,88
Средний галитовый слой 1-2		0,50	0,85	0,68	1,40	4,05	3,28	3,48	11,75	8,93
Нижний сильвинитовый слой 2		0,70	1,08	0,96	29,40	45,38	39,53	2,53	8,90	5,68

Рисунок 2.7 – Геологический разрез, состав и строение Второго калийного пласта

Индекс слоя	Разрез	Мощность, м			Содержание КСI, %			Содержание Н.О., %		
		от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4		0,60	1,60	1,18	23,00	41,40	30,1	3,00	14,90	5,27
3-4		0,75	1,30	1,11	0,80	5,00	2,79	3,00	17,20	6,26
3		0,50	1,00	0,84	19,50	53,00	36,98	2,40	13,60	4,45
2-3		0,40	1,00	0,51	3,00	13,30	6,75	2,50	17,30	6,90
2		0,40	1,00	0,68	34,80	56,80	44,58	0,90	14,00	2,75
1-2		0,30	0,70		0,50	7,80		1,30	15,50	
1		0,10	0,40		18,90	41,00		1,00	11,00	

Условные обозначения

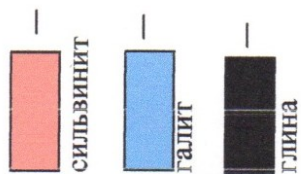
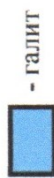


Рисунок 2.8 – Геологический разрез, состав и строение Третьего калийного пласта

Условные обозначения



- сальвинит



- галит



- глина

Индекс слоя	Разрез	Мощность, м			Содержание КСl, %			Содержание Н.О., %		
		от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8		0,33	0,35	0,34			46,12			1,15
7-8		0,36	0,37	0,37			2,77			6,68
7		0,27	0,30	0,29			30,91			1,06
7a-7		0,21	0,25	0,23			2,51			5,26
7a		0,11	0,14	0,13			43,01			0,98
6-7a		0,51	0,53	0,52			1,84			5,56
6		0,22	0,22	0,22			53,07			0,50
5-6		0,26	0,28	0,27			1,88			8,77
5		0,06	0,08	0,07			47,62			0,38
4-5		0,19	0,23	0,22			2,52			6,03
4		0,16	0,17	0,17			41,44			1,40

Рисунок 2.9 – Геологический разрез, состав и строение Четвертого калийного пласта

2.10 Плотность (объемный вес), коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова, влажность и газоносность пород Старобинского месторождения

Плотность (объемный вес) калийных солей колеблется в пределах 1,8-2,4 т/м³.

Коэффициент крепости (*f*) соляных пород Старобинского месторождения 2-4 по шкале профессора Протодяконова М.М. Естественная влажность сильвинитов и каменной соли составляет 0,3 и 0,4 %.

Газоносность пород Старобинского месторождения по горючим газам относительно невелика и не превышает 0,04 м³/м³ добываемой руды. Калийная пыль, образуемая при ведении горных работ, инертна и не представляет опасности с точки зрения ее воспламенения.

РАЗДЕЛ 3 ВСКРЫТИЕ И ПОДГОТОВКА ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ПРОХОДКА СТВОЛОВ

3.1 Три стадии подземной разработки месторождений

Извлечение полезных ископаемых подземным способом предполагает **три основные стадии:**

- вскрытие запасов шахтного поля;
- подготовка запасов к отработке;
- очистная выемка подготовленных запасов.

Вскрытием называют проходку горных выработок, открывающих доступ с поверхности к полезному ископаемому и обеспечивающих возможность проведения подготовительных выработок.

Горные выработки, проводимые для вскрытия, называют **вскрывающими или капитальными**. Их делят на главные (которые проводят с поверхности земли) и вспомогательные (которые не имеют непосредственного выхода на поверхность и служат для вскрытия пласта от главных вскрывающих выработок).

К главным вскрывающим выработкам относят: вертикальные и наклонные стволы, штольни, шурфы, скважины большого диаметра.

К вспомогательным вскрывающим выработкам относят: квершлагги, слепые стволы, гезенки, в исключительных случаях – бремсберги и уклоны.

Подготовкой называют проведение горных выработок после вскрытия, обеспечивающих возможность ведения очистной выемки.

Очистной выемкой называют комплекс работ по извлечению полезного ископаемого в очистном забое (лаве, камере).

3.2 Понятие о стволах, капитальных и подготовительных выработках

Стол – подземная вертикальная или наклонная горная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность и предназначенная для подъема полезного ископаемого и пустой породы, спуска и подъема людей, различных грузов, вентиляции, электроснабжения, водоотлива и других технических целей.

Столбы, по которым осуществляется выдача полезного ископаемого на поверхность, называются **главными**, а предназначенные для других целей (спуск-подъем людей, материалов и оборудования и др.) – **вспомогательными**.

Для выдачи из шахты отработанного воздуха служат **вентиляционные** столбы. Иногда по вентиляционным столбам осуществляется спуск и подъем

людей, как на наших рудниках.

Слепой ствол – подземная вертикальная или наклонная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для тех же целей, что и ствол.

Капитальные выработки – это выработки, делящие шахтное поле на горизонты, крылья, блоки и сохраняемые в течение всего срока службы рудника.

Горные выработки, проводимые для подготовки запасов к отработке, называют **подготовительными**. К ним относят: штреки, бремсберги, уклоны, промежуточные квершлаг и гезенки, орты, ходки.

3.3 Понятие о штольне, квершлаг, штреке

Штольня – подземная горизонтальная горная выработка, имеющая непосредственный выход на поверхность, проведенная на местности со сложным рельефом и предназначенная для обслуживания подземных горных работ.

Квершлаг – подземная горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность, **пройденная от ствола по вмещающим пласт породам вкрест простирания месторождения** и предназначенная для обслуживания подземных горных работ (транспортирования полезного ископаемого и пустой породы, перемещения рабочих, водоотлива, прокладки электрических кабелей и других технических целей).

Штрек – подземная горизонтальная горная выработка, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и проведенная по простиранию полезного ископаемого (при наклонном его залегании) или в любом направлении (при горизонтальном его залегании).

3.4 Понятие о бремсберге, уклоне, гезенке, шурфе

Бремсберг – подземная наклонная горная выработка, проводимая по восстанию, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для **спуска** грузов с верхних горизонтов на нижние.

Уклон – подземная наклонная горная выработка, проводимая по падению, не имеющая непосредственного выхода на поверхность и предназначенная для подъема грузов с нижних горизонтов на верхние.

Гезенк – подземная вертикальная или наклонная горная выработка не имеющая непосредственного выхода на поверхность, проводимая по восстанию и предназначенная для спуска полезного ископаемого, породы, подъема и

спуска материалов, перемещения людей с одного горизонта на другой и проветривания. Для рудных месторождений пользуются понятием **восстающий**.

Шурф – вертикальная (реже наклонная) неглубокая горная выработка прямоугольного или квадратного сечения, проходима с поверхности и служащая для вентиляции водоотлива, транспортирования материалов, спуска-подъема людей.

Выработка, проведенная по пустым породам, называется полевой, а в рудном теле (или по пласту) – рудной (или пластовой).

3.5 Способы вскрытия шахтных полей

Способ вскрытия – совокупность вскрывающих выработок в шахтном поле относительно элементов залегания пласта с учетом их функционального назначения.

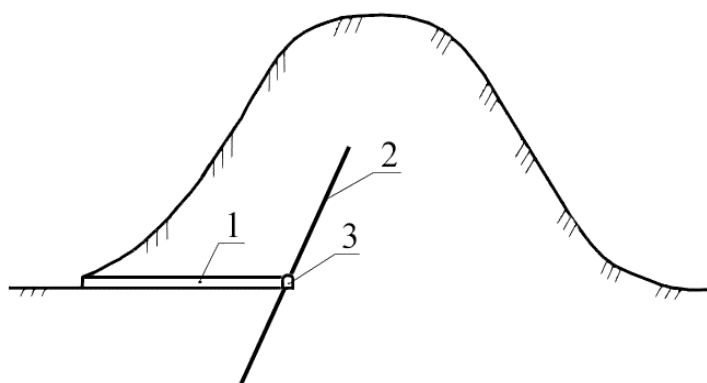
Различают следующие способы вскрытия:

- способ вскрытия вертикальными стволами;
- способ вскрытия наклонными стволами;
- способ вскрытия штольней;
- комбинированный способ вскрытия.

Выбор способа вскрытия вертикальными или наклонными стволами производится на основании экономического расчета.

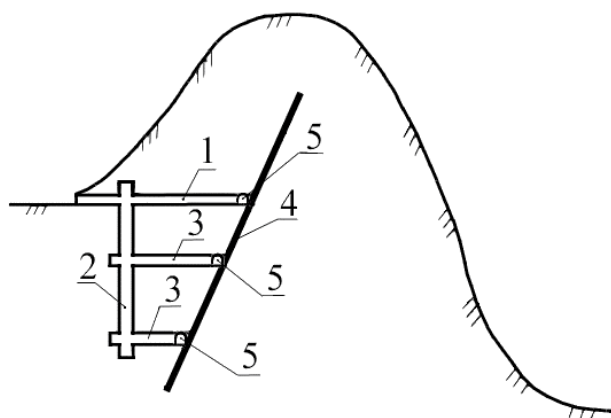
Вскрытие наклонными стволами дает особенно хорошие результаты при углах падения меньше 15° . В этом случае подъем по наклонному стволу производят конвейерами, что при небольшой глубине разработки дешевле, чем подъем по вертикальному стволу.

При сложном рельефе местности (гористая или сильно пересеченная) пласт вскрывают штольней (рисунок 3.1) или комбинированным способом (рисунок 3.2).



1 – штольня; 2 – пласт; 3 – откаточный штрек

Рисунок 3.1 – Способ вскрытия штольней



1 – штольня; 2 – слепой ствол; 3 – квершлаг; 4 – пласт;
5 – откаточные штреки

Рисунок 3.2 – Комбинированный способ вскрытия

При комбинированных способах вскрытия применяют разнотипные вскрывающие выработки, например, штольню и слепой ствол в сочетании с квершлагом (квершлагами).

Наиболее универсальным является вскрытие вертикальными стволами.

3.6 Схемы вскрытия шахтных полей вертикальными стволами

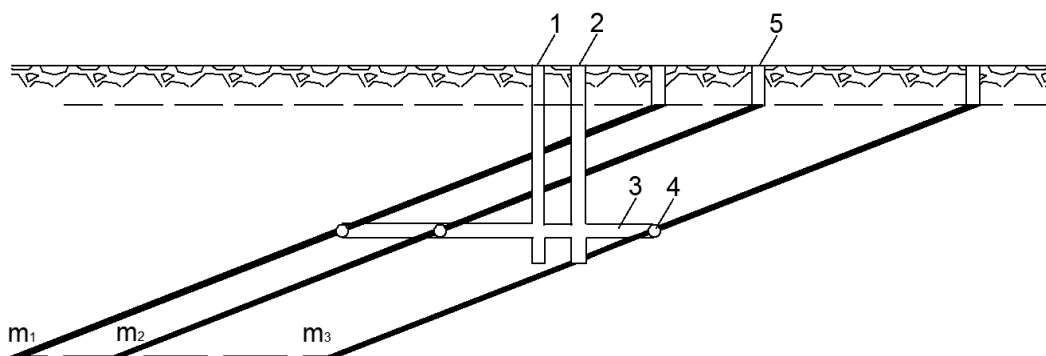
3.6.1 Одногоризонтные схемы вскрытия пологих и наклонных пластов вертикальными стволами с капитальными квершлагами

Сущность одногоризонтной схемы вскрытия вертикальными стволами с капитальным квершлагом заключается в том, что шахтное поле делится по падению транспортным горизонтом на две части бремсберговую и уклонную (рисунок 3.3). Стволы (главный и вспомогательный), располагаемые на одной общей промплощадке, проходят до отметки транспортного горизонта, а непосредственное вскрытие пластов осуществляется капитальным квершлагом, проведенным от околоствольного двора.

Сначала отрабатывают пласты в бремсберговой части, а затем – в уклонной.

Доставка полезного ископаемого как с бремсберговой, так и с уклонной частей осуществляется на общий транспортный горизонт. Капитальный квершлаг, пройденный на этом горизонте, служит весь срок отработки запасов шахтного поля.

В пределах бремсберговой и уклонной частей пласт может быть разделен как на панели, так и на этажи. Деление на панели является наиболее распространенным.



m_1, m_2, m_3 – пласты; 1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол;
3 – капитальный квершлаг; 4 – главный штрек; 5 – шурф

Рисунок 3.3 – Одногорizonтная схема вскрытия вертикальными стволами с капитальным квершлагом

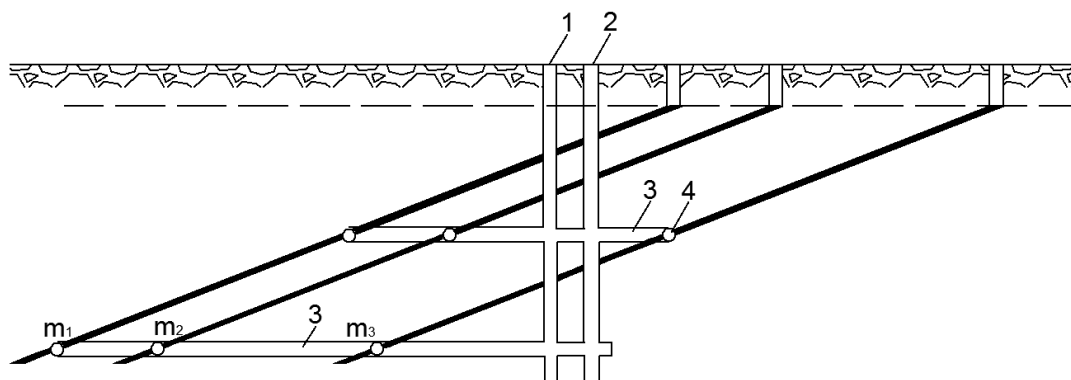
Рассматриваемая схема вскрытия применяется преимущественно на пологих пластах и размерах шахтного поля по падению 2-2,5 км.

Достоинствами вскрытия вертикальными стволами с капитальным квершлагом являются его простота, большой срок службы транспортного горизонта и, главное, отсутствие необходимости углубки стволов во время эксплуатации шахты. Наличие уклонной части, осложняющее ее проветривание и транспортное обслуживание, необходимость участкового водоотлива в уклонах, утечки воздуха между уклоном и ходками являются недостатками этой схемы вскрытия.

3.6.2 Многогорizonтные схемы вскрытия пологих и наклонных пластов вертикальными стволами с горизонтными квершлагами

Такая схема вскрытия (рисунок 3.4) применяется при бóльших размерах шахтного поля, чем одногорizonтная схема вскрытия вертикальными стволами с капитальными квершлагами. Размеры шахтного поля падению вместо 2,0-2,5 км (одногорizonтная схема) составляют 2,5-4,0 км.

Сущность схемы состоит в том, что шахтное поле делят по линии падения на части путем последовательной углубки стволов и проведения на каждом транспортном горизонте горизонтных квершлагов. Сначала стволы проходят до отметки первого горизонта, на котором пласты непосредственно вскрывают квершлагом. На него отрабатывают запасы бремсберговой части в том же порядке, как и в предыдущей схеме. По мере отработки запасов стволы углубляют до второго горизонта, где вновь проходят горизонтный квершлаг. При отработке запасов второго горизонта квершлаг первого горизонта является вентиляционным.



m_1, m_2, m_3 – пласты; 1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол;
3 – горизонтный квершлаг; 4 – главный штрек

Рисунок 3.4 – Многогоризонтная схема вскрытия вертикальными стволами с горизонтными квершлагами

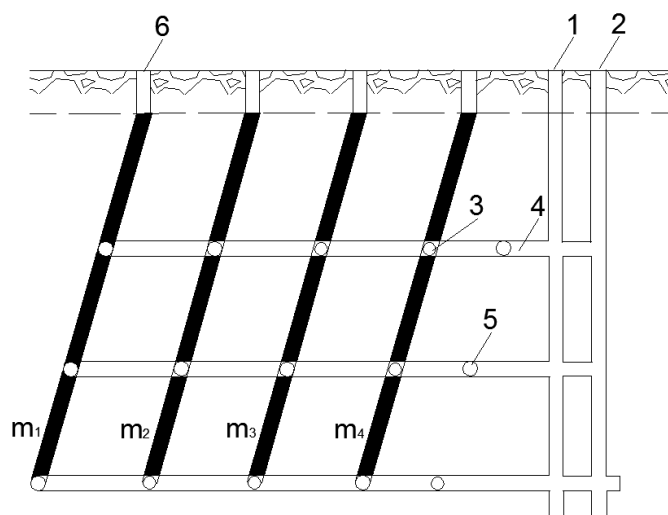
Проветривание горных выработок и транспорт полезного ископаемого осуществляются так же, как при отработке бремсберговой части в предыдущей схеме.

По сравнению с одногоризонтной схемой вскрытие вертикальными стволами с горизонтными квершлагами имеет следующие *достоинства*: возможность отработки запасов только бремсберговыми полями, проще схема проветривания, возможность обновления горного хозяйства шахты при переходе на новый горизонт.

Недостатки – меньший срок службы транспортного горизонта, необходимость углубки шахтных стволов и замены подъемных машин, увеличение капитальных затрат.

3.6.3 Схема вскрытия свиты крутонаклонных и крутых пластов вертикальными стволами с этажными квершлагами

При наличии в шахтном поле свиты крутонаклонных и крутых пластов применяют вскрытие вертикальными стволами с этажными квершлагами (рисунок 3.5). Стволы во избежание потерь угля в охранных целиках под промплощадкой располагают в лежащем боку свиты. В этом случае стволы не будут подвергаться деформациям под влиянием очистных работ.



m_1, m_2, m_3, m_4 – пласты; 1 – главный ствол; 2 – вспомогательный ствол;
 3 – пластовые откаточные штошки; 4 – этажные квершлагги;
 5 – полевые штошки; 6 – шурф

Рисунок 3.5 – Вскрытие вертикальными стволами с этажными квершлаггами

При этой схеме вскрытие запасов полезного ископаемого проводится через 100-120 м по вертикали. Указанная высота считается в настоящее время оптимальной. Стволы проходят до отметки транспортного горизонта первого этажа, где сооружается околоствольный двор. От околоствольного двора проводят этажный квершлаг, непосредственно пересекающий пласты полезного ископаемого. По мере отработки первого этажа стволы углубляют до второго горизонта и так далее.

На некоторых шахтах для подготовки нового горизонта проходят третий вертикальный ствол, располагаемый на той же промплощадке. Он называется **породоуглубочным**. Предназначен также и для других целей, например, проветривания.

Достоинствами вскрытия вертикальными стволами с этажными квершлаггами являются более простые схемы транспорта и проветривания.

К недостаткам следует отнести небольшой срок службы этажа и необходимость частой углубки стволов, оборудование околоствольных дворов на каждом горизонте и др.

3.7 Особенности вскрытия шахтных полей калийных месторождений

Калийные месторождения, как правило, вскрываются несколькими вертикальными стволами диаметром до 7-8 м в свету, расположенными в центре шахтных полей.

На Старобинском месторождении, например, вскрытие всех шахтных полей осуществлено вертикальными стволами диаметром 8 м. Назначение стволов на всех рудниках ОАО «Беларуськалий» приведено в таблице 3.1.

На 1, 3 и 4 рудниках пройдены 4 ствола, а на 2-ом руднике – 3 ствола, на новых (Краснослободском и Березовском) рудниках – по 2 ствола.

На всех рудниках (кроме 4-го) и новых рудников, стволы № 1 и № 2 являются скиповыми и служат, в основном, для подъема добытого полезного ископаемого. Кроме того, они оборудованы клетьевым подъемом, что позволяет (при необходимости) производить по ним спуск-подъем людей и материалов. Один из стволов проходится до верхнего (Второго горизонта), а другой – до нижнего Третьего горизонта.

На 4-ом руднике ствол № 1, пройденный до нижнего горизонта, является грузовым. По нему ведется спуск крупногабаритных грузов и оборудования. Ствол № 2 на этом руднике, пройденный также до нижнего горизонта, служит для спуска-подъема людей и материалов и оборудован клетьевым подъемом. Стволы № 3 и № 4, пройденные соответственно до верхнего и нижнего горизонтов, являются вентиляционными и оборудованы скиповым подъемом.

На 1, 2 и 3 рудниках ствол № 3 пройден до нижнего горизонта и является вентиляционным. Он оборудован клетьевым подъемом и лестничным отделением, по нему ведется спуск-подъем людей и материалов.

Ствол № 4 на 1-ом руднике является дополнительным вентиляционным с клетьевым подъемом, а на 3-ем руднике – грузовым со скиповым подъемом. Ствол на обоих рудниках пройден до нижнего горизонта.

На новых (Краснослободском и Березовском) рудниках стволы № 1 и № 2 пройдены до нижнего III горизонта. На обоих рудниках ствол № 1 оборудован двухскиповым подъемом, а ствол № 2 является вентиляционным и оборудован двухклетьевым подъемом.

Таблица 3.1 – Назначение вертикальных стволов на рудниках ОАО «Беларуськалий»

Номер ствола	Рудник 1 РУ		Рудник 2 РУ		Рудник 3 РУ		Рудник 4 РУ		Краснослободский рудник		Березовский рудник	
	II гор. -264 м	III гор. -430 м	II гор. -290 м	III гор. -445 м	II гор. -420 м	III гор. -620 м	II гор. -440 м	III гор. -670 м	II гор. –	III гор. -450 м	II гор. –	III гор. -670 м
Ствол № 1		Скиповой и клетевой подъем	Скиповой и клетье- вой подъем		Скиповой и клетевой подъем		Грузовой (крупногабаритные грузы и оборудование)			Двух- скиповой подъем		Двухски- повой подъем
Ствол № 2	Скиповой и клетье- вой подъем			Скиповой и клетевой подъем		Скиповой и клетевой подъем	Спуск-подъем людей и материалов			Вентиляц. двухкле- товой подъем		Вентиляц. Двухкле- товой подъем
Ствол № 3	Вентиляц. клетевой подъем, лестничное отделение		Вентиляц. клетевой подъем, лестничное отделение		Вентиляц. клетевой подъем, лестничное отделение		Вентиляц. скиповой подъем					
Ствол № 4	Доп. вентиляц. клетье- вой подъем				Грузовой скиповой подъем			Вентиляц. скиповой подъем				
Общее количе- ство стволов	4		3		4		4			2		2

3.8 Способы проходки стволов

Проходкой ствола называют процесс его строительства. В устойчивых породах ствол проходят обычным буровзрывным способом, а в неустойчивых и обводненных – с применением специальных способов.

При проходке ствола буровзрывным способом в проходческий цикл входят следующие операции:

- бурение шпуров;
- взрывание;
- проветривание (не более 30 минут);
- погрузка и выдача породы на поверхность;
- возведение временной и постоянной крепи;
- армирование;
- водоотлив.

В настоящее время проходку стволов осуществляют с применением комплексной механизации всех основных операций проходческого цикла (бурение шпуров, погрузка породы и возведение крепи) с полной технологической увязкой с остальными (вспомогательными) операциями.

Комплексы разработаны для стволов трех групп:

- неглубоких – не более 300 м (комплексы КБ-1, ОСК);
- средней глубины – 300-700 м (комплексы КС-2у, 2КС-2у);
- глубоких и сверхглубоких – соответственно 700-1200 м и более 1200 м (комплексы КС-1м/6,2; КС-8; КС-9; КС-10; КШО, ДШП-1).

Для каждой группы стволов по глубине и диаметру подбирается соответствующее оборудование, эксплуатация которого в конкретных условиях обеспечивает максимальную производительность труда при минимальных капиталовложениях.

В зависимости от последовательности выполнения работ по выемке породы и возведению постоянной крепи различают следующие технологические схемы проходки стволов:

- последовательная, когда указанные выше операции выполняются друг за другом на каждом отдельном участке (звене);
- параллельная, когда указанные выше операции выполняются одновременно на двух смежных участках (звеньях);
- совмещенная, когда работы по выемке породы и возведению постоянной крепи ведутся одновременно в одном звене.

В настоящее время совмещенную схему применяют при строительстве стволов на большинстве горных предприятий. Она обеспечивает стабильные достаточно высокие средние скорости проведения 65-80 м/мес.

К специальным способам проходки стволов относятся проходка с забивной и опускной крепями, под сжатым воздухом, с помощью водопонижения, тампонированием, с предварительным замораживанием пород.

Сущность способа проходки с забивной крепью заключается в том, что проходке предшествует предварительное ограждение участка ствола временной крепью (сваями), под защитой которой производится выемка породы и возведение постоянной крепи.

Опускная крепь, так же как и забивная, является опережающей. Опускная крепь имеет форму цилиндра и сооружается из кирпича, бетона, железобетона и металлических тубингов. После сооружения опускного цилиндра приступают к выемке породы. При этом крепь опускается под действием собственного веса. Если собственного веса опускной крепи окажется недостаточно, производят принудительное задавливание ее дополнительным грузом или гидравлическими домкратами.

После пересечения водоносных пород крепь должна внедриться в подстилающие породы не менее чем на 1,5 м. В этих породах сооружают опорный венец, и далее проходка продолжается обычным способом.

Опускную крепь применяют при рыхлых, мягких и плавучих породах мощностью до 10 м, залегающих на глубине не более 25 м и не имеющих твердых прослоек пород и валунов.

Проходка стволов под сжатым воздухом (кессонный способ) заключается в том, что проходческие работы в водоносных песках и пльвунах производятся в специальной камере при повышенном давлении воздуха. Благодаря проникновению сжатого воздуха в поры водоносного слоя происходит отжим воды из забоя в стороны от ствола, в результате чего происходит местное осушение.

Проходка стволов с помощью водопонижения заключается в искусственном понижении статического уровня подземных вод в районе проходки ствола с помощью системы водопонижающих скважин, пробуренных с поверхности. В результате водопонижения происходит осушение горных пород и изменение их механических свойств. Породы (водоносные пески) приобретают большую плотность и устойчивость, что создает благоприятные условия для сооружения ствола.

Проходка стволов способом тампонирования пород заключается в заполнении пустот и трещин в водоносных крепких горных породах (песчаники, известняки) растворами, способными затвердевать в этих трещинах и тем самым перекрывать поступление по ним воды.

Тампонирование чаще всего осуществляется цементными растворами.

Проходка с забивной и опускной крепями, под сжатым воздухом с помощью водопонижения и тампонирования в настоящее время применяется

очень редко. Основным специальным видом проходки стволов является способ предварительного замораживания пород.

При проходке стволов с предварительным замораживанием пород с поверхности вокруг ствола пробуривают скважины глубиной на 2-4 м больше требуемой глубины промерзания. В скважины опускают замораживающие колонны, в которые нагнетают охлажденный раствор через питающие трубы (рисунок 3.6).

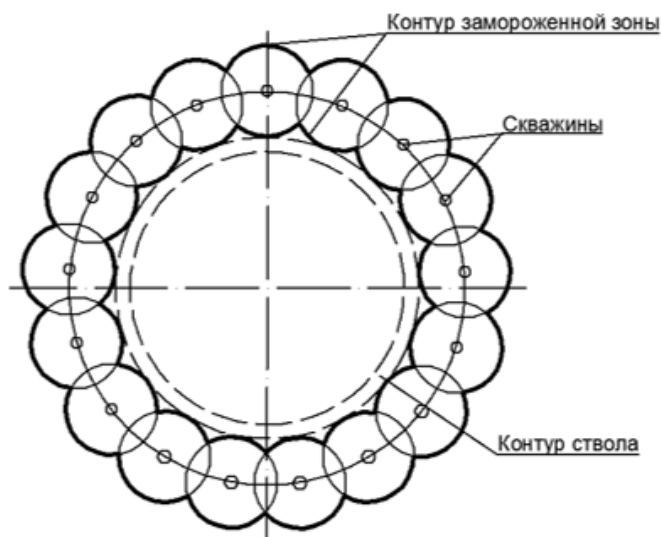


Рисунок 3.6 – Схема искусственного замораживания горных пород вокруг ствола

Раствор, поднимаясь вверх по замораживающим колоннам, отнимает тепло у окружающих пород. В результате этого вокруг ствола образуется ледопородный цилиндр, под защитой которого выполняются горнопроходческие работы в стволе.

Для замораживания горных пород применяют жидкие хладагенты. В качестве основного хладагента применяют жидкий азот, температура испарения которого при атмосферном давлении 760 мм ртутного столба составляет – 195,7°С.

Ледопородное ограждение поддерживают в замороженном состоянии до тех пор, пока не будет закончено проведение ствола. После этого производят оттаивание замороженных пород естественным или искусственным способами.

3.9 Способы подготовки калийных пластов к очистной выемке в начальной стадии подготовки. Понятие о горизонте, блоке, крыле

Подготовка калийных пластов к очистной выемке заключается в проведении комплекса капитальных (главных) и подготовительных выработок. В начальной стадии подготовки от стволов, расположенных обычно в центре

шахтных полей, проводят к его границам параллельные друг другу капитальные выработки, которые делят (раскраивают) шахтное поле на горизонты и крылья (рисунок 3.7).

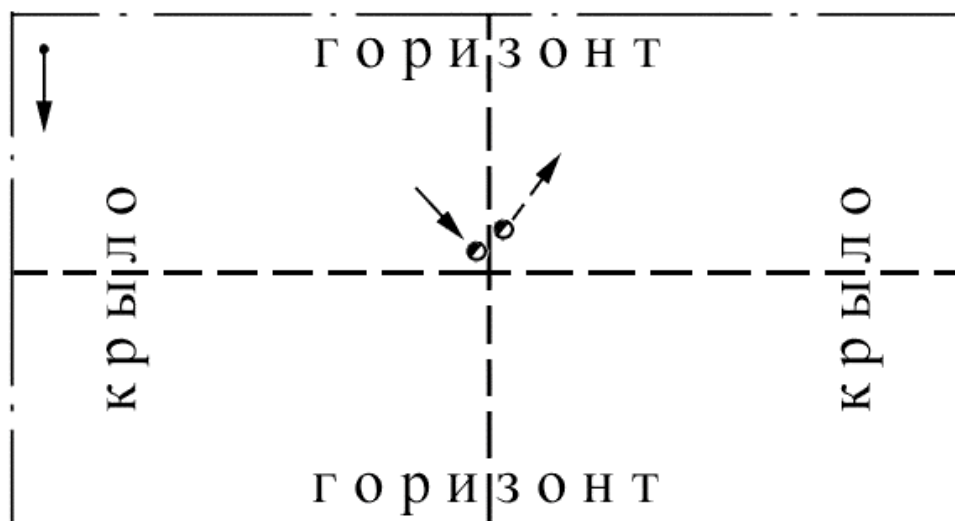


Рисунок 3.7 – Деление шахтного поля на горизонты и крылья

Горизонтом называют часть шахтного поля, ограниченную по простиранию границами шахтного поля, а по падению и восстанию соответственно верхней и нижней границами шахтного поля.

Крылом называется часть шахтного поля, ограниченная по восстанию и падению границами шахтного поля, а по простиранию – границей шахтного поля и вертикальной плоскостью, проведенной вкрест простирания пласта и проходящей через главные вскрывающие выработки.

Блоком называется часть шахтного поля, имеющая отдельные стволы для поступающей и исходящей струй воздуха с целью самостоятельного проветривания, спуска-подъема людей, оборудования и материалов.

Капитальные выработки в зависимости от различных факторов могут проводиться как по пласту (пластовый способ подготовки), так и во вмещающих пласт породах (полевой способ подготовки).

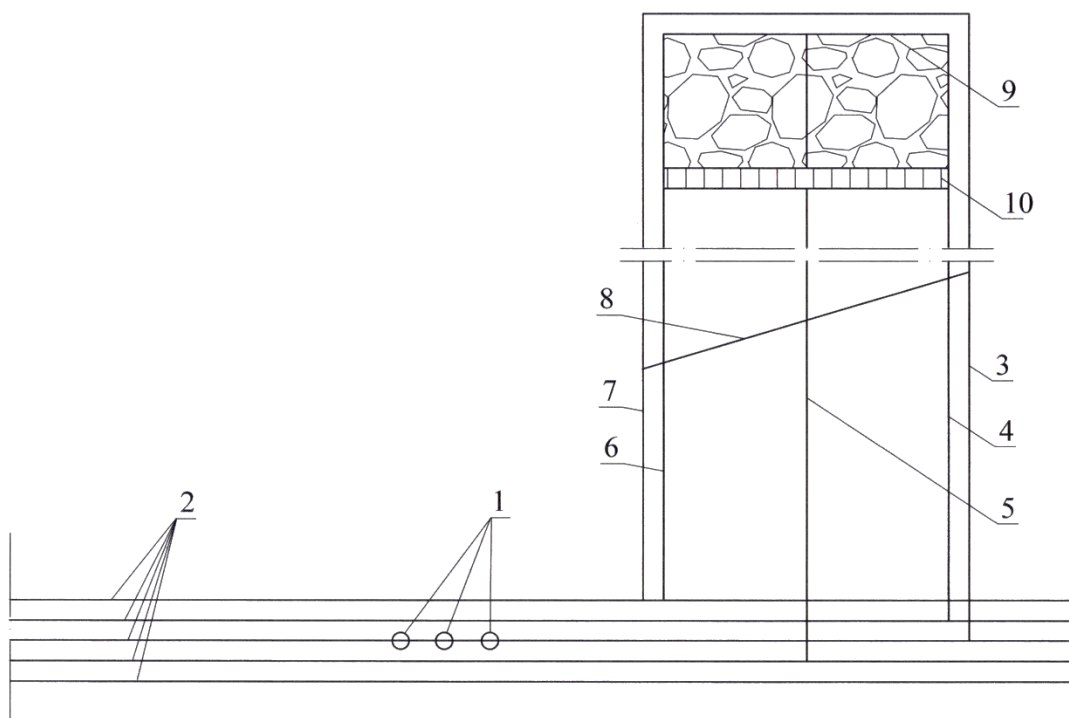
3.10 Подготовка калийных пластов к очистной выемке после разделения их на горизонты, блоки или крылья при столбовой и камерной системам разработки

После проведения капитальных выработок, раскrojивших шахтное поле на крупные части – горизонты, крылья, блоки, эти крупные части делятся на более мелкие (панели) путем проведения подготовительных выработок.

При столбовой системе разработки (рисунок 3.8) подготовка панели заключается в проведении от капитальных выработок 2 до границы шахтного

поля или до границы панели панельного конвейерного штрека 3, конвейерного 4, вентиляционного 5, транспортного 6 штреков лавы с использованием вспомогательных выработок 8. При необходимости охраны транспортного штрека 6, расположенного со стороны выработанного пространства соседней панели, дополнительно проводится разгружающая выработка 7.

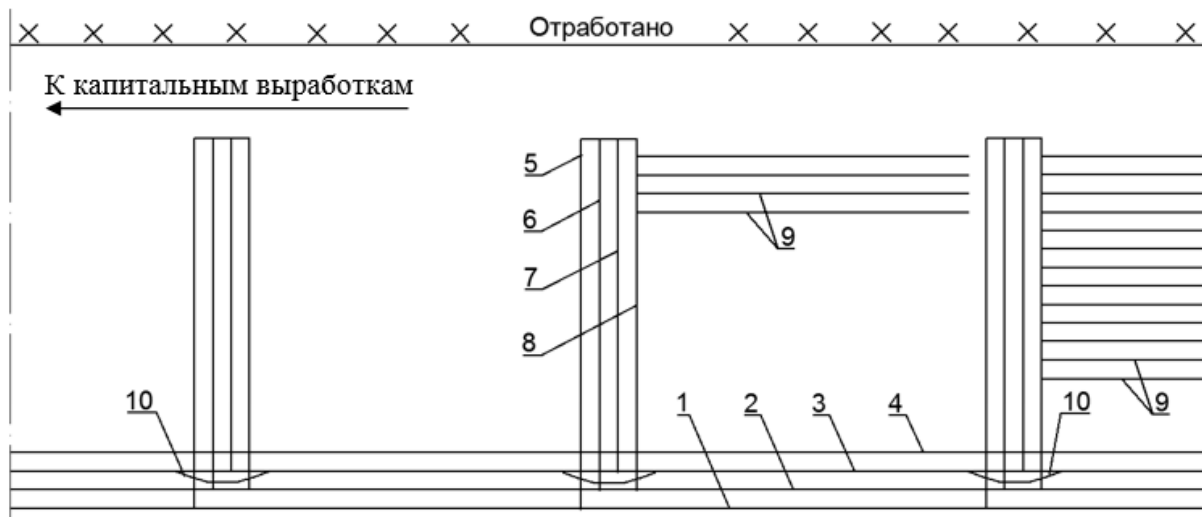
На границе панели нарезается монтажный штрек 9, в котором монтируется механизированный комплекс для отработки лавой в обратном порядке выемочного столба, оконтуренного штреками 4 и 6.



1 – шахтные стволы; 2 – капитальные выработки; 3 – панельный конвейерный штрек; 4, 5, 6 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки лавы; 7 – разгружающая выработка; 8 – вспомогательная выработка; 9 – монтажный штрек; 10 – очистной забой

Рисунок 3.8 – Панельный способ подготовки калийных пластов при столбовой системе разработки

При камерной системе разработки подготовка панели начинается с проведения от капитальных выработок трех панельных штреков 1, 2 и 3 (рисунок 3.9). затем через каждые 180-200 м проходятся блоковые (конвейерный 5, транспортный 6, вентиляционный 8 и стартовый 7) штреки. для разделения свежей и исходящей струй воздуха панельный вентиляционный штрек 3 под блоковыми выработками проводится с кроссингом 10. Порода от проходки кроссингов складывается в выработку 4, проводимую рядом с панельными штреками.



- 1, 2, 3 – панельные (конвейерный, транспортный и вентиляционный) штреки;
 4 – выработка складирования; 5, 6, 8 – блоковые (конвейерный,
 Транспортный и вентиляционный) штреки; 7 – стартовый штрек;
 9 – очистные ходки; 10 – кроссинг

Рисунок 3.9 – Панельный способ подготовки калийных пластов с разделением панели на блоки при камерной системе разработки

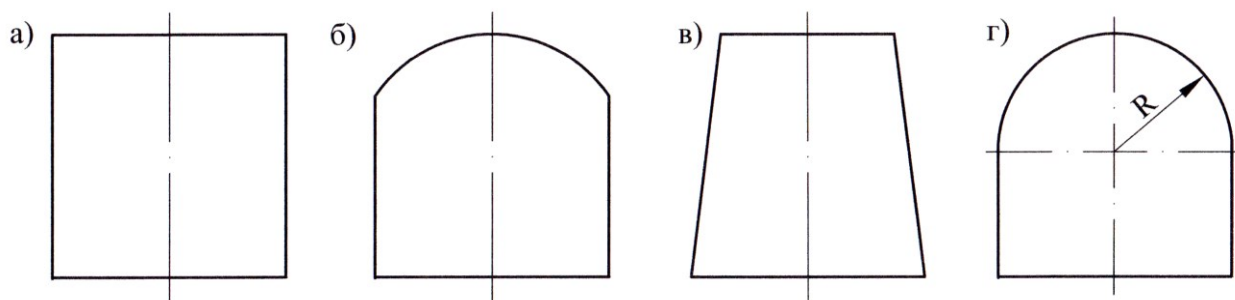
Очистные работы ведутся одним или двумя проходческо-очистными комплексами с использованием соответственно односторонних (смотри рисунок 3.9) или двухсторонних блоков.

РАЗДЕЛ 4 ПРОВЕДЕНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Под поддержанием выработки понимается комплекс работ по содержанию выработки в состоянии, указанном в паспорте проведения и крепления, который включает в себя как способы охраны, так и средства и параметры крепления выработки.

4.1 Формы и размеры поперечного сечения горизонтальных горных выработок и порядок их определения при использовании пневмоколесного и конвейерного транспорта

Горизонтальные выработки в большинстве случаев имеют прямоугольную, сводчатую, трапециевидную и арочную формы (рисунок 4.1).



а – прямоугольная; б – сводчатая; в – трапециевидная; г – арочная

Рисунок 4.1 – Формы поперечного сечения горизонтальных выработок

Размеры поперечного сечения выработки определяют на основе габаритов располагаемого в ней оборудования, способа передвижения людей, количества подаваемого для проветривания воздуха и определены правилами безопасности.

На Старобинском месторождении проходку выработок ведут комбайнами типа ПК-8 или КРП-3, которые образуют арочную форму поперечного сечения. Минимальные размеры поперечного сечения выработок в свету при использовании пневмоколесного или другого вида транспорта определены Правилами по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь, Солигорск, 2017 (п. 70) и составляют для:

– главных конвейерных, транспортных и вентиляционных выработок, а также выработок, предназначенных для механизированной перевозки работников, – $6,0 \text{ м}^2$ при высоте не менее $2,0 \text{ м}$ от почвы до крепи или размещенного в выработке оборудования;

- участковых конвейерных, транспортных, вентиляционных, вспомогательных выработок, уклонов (бремсбергов) – 6,0 м² при высоте не менее 1,8 м от почвы до крепи или размещенного в выработке оборудования;
- вентиляционных выработок для сброса исходящей струи: восстающих, сбоек и других выработок – 1,5 м².

4.2 Способы проходки горизонтальных и наклонных горных выработок

Наиболее распространенными способами проходки являются буровзрывной (БВР) и комбайновый.

С помощью БВР выработки проводят при коэффициенте крепости по проф. М.М. Протодяконову больше 4. Основными операциями являются: бурение, зарядание шпуров, взрывание, проветривание, уборка породы и крепление выработки (при необходимости). Эти операции составляют один проходческий цикл.

Крепость калийных руд и вмещающих галитовых пород составляет 2-3 по проф. М.М. Протодяконову, поэтому на калийных рудниках применяется комбайновый способ проходки выработок. Комбайновый способ по сравнению с БВР позволяет повысить скорость проведения выработок в 2,0-2,5 раза и производительность труда в 1,5-2,0 раза. За счет этого стоимость проведения снижается на 30-50 %.

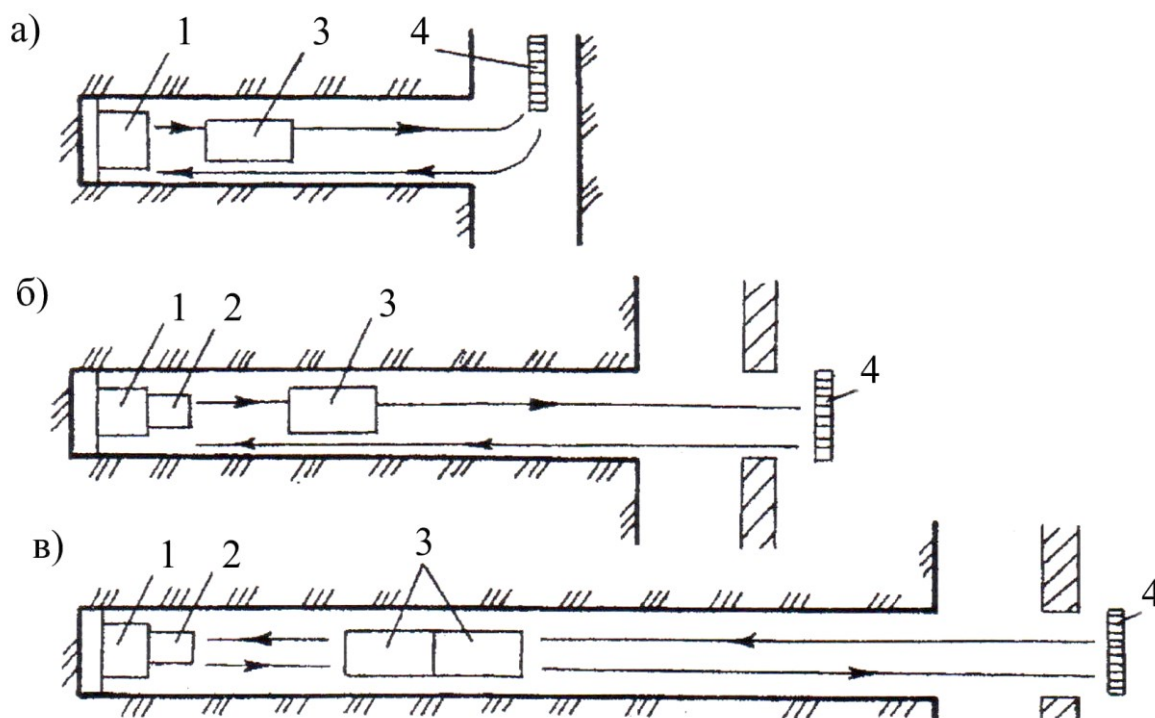
На рудниках Старобинского месторождения для проведения капитальных и подготовительных выработок используются три схемы работы проходческо-очистных комплексов (рисунок 4.2):

- «комбайн + самоходный вагон»;
- «комбайн + бункер-перегрузатель + самоходный вагон»;
- «комбайн + бункер-перегрузатель + два самоходных вагона».

При работе по схеме *a* после заполнения самоходного вагона (5ВС-15М) и до его возвращения комбайн вынужден простаивать, причем тем больше, чем больше длина доставки. Поэтому комплексы в таком составе используют в начальной стадии проведения выработки на укороченном расстоянии доставки, а также при проведении ниш, сбоек и других выработок, проведение которых характеризуется небольшим расстоянием доставки и повышенными требованиями к маневренности оборудования.

При увеличении расстояния доставки (схема *б*) в состав комплекса вводят бункер-перегрузатель (БП-3А, БП-14М). После очередного заполнения вагона и ухода его на разгрузку бункер-перегрузатель принимает руду от комбайна и накапливает ее в количестве, соответствующем ёмкости вагона. Когда самоходный вагон возвращается после разгрузки, бункер-перегрузатель

загружает его и цикл повторяется. В этой схеме до определенного расстояния доставки (140-160 м) полностью устранены простои комбайна в ожидании вагона.



а – на укороченном расстоянии доставки с прямой разгрузкой; б – на оптимальном расстоянии доставки с использованием бункера-перегрузателя; в – с увеличением расстояния доставки и перегрузкой из вагона в вагон
 1 – комбайн, 2 – бункер-перегрузатель; 3 – самоходный вагон;
 4 – пункт разгрузки вагона

Рисунок 4.2 – Схемы работы проходческих комплексов

Используя в составе комплекса два вагона, которые передают руду друг другу в середине расстояния доставки (схема в), можно увеличить предельное расстояние доставки до 300-400 м. Недостатком этой схемы является уменьшение ёмкости на 25-30 % при перегрузке из вагона в вагон из-за недостаточной высоты заполнения кузова.

4.3 Крепь горных выработок и требования к ней

Горная крепь – это искусственное сооружение, возведенное в подземных горных выработках для предотвращения обрушений окружающих выработку пород, сохранения необходимых форм и размеров поперечного сечения выработок, а также для управления горным давлением.

4.3.1 Крепь горизонтальных и наклонных выработок

Крепь горизонтальных и наклонных выработок в зависимости от назначения подразделяется на постоянную, устанавливаемую на весь срок существования выработки, и временную, возводимую вслед за подвиганием забоя и заменяемую в дальнейшем постоянной. Иногда возводят сразу постоянную крепь.

По виду крепежного материала различают крепь деревянную, металлическую, каменную, бетонную, железобетонную, смешанную и анкерную.

По взаимодействию с боковыми породами крепь подразделяют на жесткую и податливую.

Деревянная крепь применяется для выработок, имеющих относительно небольшой срок службы: этажных, панельных, а чаще – промежуточных, выемочных, ярусных штреков и просеков, промежуточных бремсбергов, печей и др.

При использовании деревянной крепи форма поперечного сечения выработки может быть трапецевидной, прямоугольной, полигональной, кольцевой и др. Наиболее часто применяется трапецевидная форма.

Металлическая крепь применяется для крепления выработок со сроком службы 5-25 лет. Ее подразделяют на постоянную и временную призабойную.

Временная призабойная крепь возводится вслед за подвиганием забоя. Она должна легко собираться при установке и разбираться при демонтаже. В качестве призабойной крепи могут быть использованы стойки с верхняками из рудничных рельсов.

По форме металлическую крепь подразделяют на арочную, трапецевидную и кольцевую. Металлическая крепь может быть жесткой и податливой. Наибольшее распространение получила арочная крепь. Арочная крепь бывает двух, трех и пятишарнирная.

Железобетонная крепь по конструкции подразделяется на рамную, арочную и кольцевую. Элементами конструкции этой крепи являются балки, арки или кольца с затяжками или без них. В настоящее время железобетонная крепь по сравнению с другими видами крепи считается наиболее перспективной для крепления капитальных выработок.

Смешанная крепь представляет собой конструкцию, являющуюся сочетанием элементов из различных материалов, например, металла и дерева, железобетона и металла, искусственных камней, бетона и др. Формы поперечного сечения выработок при использовании смешанной крепи в основном те же, что и при применении другой крепи.

Анкерная крепь подразделяется на металлическую, полимерную, железобетонную и деревянную. Применяется для крепления кровли, почвы и боков выработок.

Металлическая анкерная крепь на Старобинском месторождении является основным видом крепления капитальных и подготовительных выработок.

4.3.2 Крепь вертикальных выработок

Крепь вертикальных выработок в зависимости от назначения, срока службы и условий эксплуатации выработки возводят из дерева, бетона, железобетона и металла. Форма поперечного сечения выработок бывает прямоугольной, овальной и круглой.

Деревянная крепь обычно применяется при сроке службы до 7-12 лет для крепления второстепенных выработок: шурфов, слепых стволов, гезенков и др. Поперечное сечение выработок, закрепленных деревянной крепью, обычно бывает прямоугольной формы.

Монолитная бетонная крепь используется обычно в стволах круглой формы. Для крепления применяются быстротвердеющие бетоны марок 400 и 500. Бетонную смесь необходимо уплотнять вибраторами. Толщина бетонной крепи в зависимости от крепости пород, диаметра и глубины ствола принимается равной 200-500 мм.

Бетонная крепь возводится снизу вверх или сверху вниз. При возведении крепи снизу вверх крепление производится звеньями высотой 20-60 м. Первоначально сооружается опорный венец, затем с подвесного полка возводится крепь до смыкания с вышерасположенным опорным венцом. Возведение крепи осуществляется с помощью шаблонов-опалубок, которые в зависимости от порядка возведения крепи (сверху вниз или снизу вверх) подвешиваются на канатах или устанавливаются вплотную друг к другу.

Монолитная железобетонная крепь применяется для крепления участков стволов, подверженных большому горному давлению, особенно при неравномерном его распределении, а также для крепления устьев стволов, проводимых в слабых породах. Толщина монолитной железобетонной крепи в 1,5-2,0 раза меньше, чем бетонной.

Крепь из сборного железобетона в последние годы получила значительное распространение в виде железобетонных тубингов. Разработано восемь типоразмеров тубингов для стволов диаметром 4,5-8,0 м. **Тубинги** для каждого типового сечения изготавливаются четырех видов: рядовые, венцовые, предвенцовые и тубинги для водоулавливающих колец. Тубинговая железобетонная крепь возводится сверху вниз звеньями размером 20-40 м (10-

20 колец). При сооружении крепи и установки опорного венца пространство за крепью заполняют бетонным раствором.

Металлическая крепь обычно изготавливается из чугунных или стальных тюбингов и применяется при круглом поперечном сечении ствола. Тюбинги соединяются между собой болтами, образуют в стволе сплошной цилиндр. Пространство между крепью и боками выработки заполняется бетонным раствором.

Металлическая крепь ввиду значительной стоимости и относительной дефицитности материала применяется лишь в исключительных случаях.

4.3.3 Армирование вертикальных стволов. Типы армирования

По мере возведения крепи производят армирование ствола, то есть установку расстрелов, направляющих проводников, лестничных полков, лестниц и так далее.

Основными элементами армировки являются расстрелы, к которым прикрепляют проводники. Армировка бывает деревянной, металлической и смешанной. Деревянная армировка применяется в стволах с небольшим сроком службы и закрепленных деревом. При металлической армировке расстрелы обычно устанавливают из двутавровых балок, а проводники – из рудничных или железнодорожных рельсов. Расстрелы и проводники соединяются друг с другом специальными замками.

При смешанной армировке расстрелы возводят из прокатной стали, а проводники – из деревянных брусьев.

Расстояние между расстрелами при деревянных проводниках принимается равным 2 м, при металлических – 3,125 или 4,167 м, кратным длине рельса 12,5 м ($12,5 : 3,125 = 4$; $12,5 : 4,167 = 3$).

Армирование производится после полной проходки и закрепления ствола на проектную глубину. Работы по армированию выполняются обычно в два этапа: вначале сверху вниз устанавливают металлические расстрелы, а затем, в обратном порядке, – проводники.

4.3.4 Требования к горной крепи

К горной крепи предъявляются технические, экономические и технологические требования.

Технические требования: крепь должна быть достаточно прочной и устойчивой, простой по конструкции, огнестойкой, не должна оказывать большого сопротивления движению воздушной струи.

Экономические требования: крепь должна изготавливаться из не дефицитного материала, быть недорогой и долговечной.

Технологические требования: крепь должна быть простой в изготовлении и допускать механизированное ее возведение.

4.4 Деревянная крепь горизонтальных и наклонных выработок и ее элементы

Деревянная крепь применяется для выработок, имеющих относительно небольшой срок службы, то есть подготовительных выработок: панельных, этажных, а также выемочных штреков лав.

Деревянная крепь изготавливается из круглого леса диаметром 14-25 см. Форма поперечного сечения выработок при использовании деревянной крепи чаще всего трапецевидная или прямоугольная. В большинстве случаев крепление осуществляется неполными крепежными рамами, состоящими из верхняка и двух стоек. Рамы устанавливаются перпендикулярно к продольной оси выработки на расстоянии 0,5-1,0 м друг от друга (крепь вразбежку). Для предотвращения вывалов кусков породы кровля и бока (стенки) выработки затягивают обаломами (края круглого леса, остающиеся при его разделке на брусья) или расколотыми стойками старой крепи. Пустоты за затяжкой закладываются кусками породы.

При неустойчивых породах рамы устанавливают вплотную друг к другу (сплошная крепь).

Стойки с верхняками соединяют в лапу, встык, в шип и в паз. Все такие соединения называются **замком**. Наиболее часто делается замок в лапу. Рамы в местах соединения верхняков со стойками расклиниваются деревянными клиньями.

Для обеспечения податливости концы стоек крепежных рам заостряются в виде конуса или клина. Это обеспечивает внедрение в почву под действием горного давления концов стоек, в результате чего крепь опускается на 10-15 см, сохраняя свою несущую способность. Во избежание выпирания нижних концов стоек внутрь выработки последние устанавливаются в лунки глубиной 10-20 см.

При пучащих породах со стороны почвы иногда добавляют лежни, на которые опираются стойки. Соединения стоек с лежнями выполняют, в основном, в паз. Такая крепь называется **полной крепежной рамой**.

4.5 Материалы для горной крепи: лесные материалы, металл, вяжущие вещества, растворы и бетон

Для изготовления горной крепи применяются те же материалы, что и в промышленном строительстве.

Лесные материалы. Для крепления горных выработок используют сосну, ель, пихту, лиственницу, дуб, клен и др. Лесные материалы применяются в виде круглого леса и пиломатериалов. Круглый лес используется для изготовления крепи шахтных стволов и шурфов, а также крепежных рам других выработок. Пиломатериалы используются обычно для вспомогательных целей, например, для изготовления проводников, лестничных отделений в вертикальных стволах, для затяжки кровли и боков выработок и так далее. Пиломатериалы подразделяются на пластины (распилы), брусья, доски и абаполы.

Крепь горизонтальных выработок из сосны служит в зависимости от условий поддержания от 1 года до 5 лет. Увеличение срока службы достигается пропиткой леса (консервированием) специальными составами – антисептиками. В качестве антисептиков применяют хлористый цинк, фтористый натрий и кремнистый натрий. Срок службы древесины после консервирования увеличивается примерно в три раза.

Размеры крепежного леса определяются ГОСТом.

Металл. Для крепления горных выработок применяется фасонная и сортовая сталь, чугун, сталь из спецпрофиля (специально для горной промышленности), а также болты, гайки, скобы и др. Чугун используют для изготовления тюбингов, рамных чугунных блоков и башмаков. Размеры и сортамент элементов металлической крепи устанавливаются ГОСТом.

Вяжущие вещества подразделяются на воздушные и гидравлические. Воздушными вяжущими веществами называют растворы, которые затвердевают и сохраняют свою прочность только на воздухе. Воздушные вяжущие вещества в чистом виде для крепления выработок не применяют.

Гидравлическими вяжущими веществами называются вещества, которые затвердевают и сохраняют свою прочность не только на воздухе, но и в воде.

Для горной крепи применяются гидравлические цементы: портландцемент (силикатный цемент), глиноземистый цемент, расширяющий цемент и другие.

Портландцемент является продуктом тонкого измельчения клинкера, получаемого обжигом до спекания мергеля или смеси извести и глины. По ГОСТу цемент делится на шесть марок: 200, 250, 300, 400, 500 и 600.

Глиноземистый цемент получают при помоле обожженной до спекания смеси из глинозема, известняка или глины. Глиноземистый цемент отличается от портландцемента более высоким содержанием глинозема и окиси железа, меньшим содержанием извести и кремнезема. Глиноземистый цемент, характеризующийся большой прочностью, быстрым твердением и стойкостью против воздействия минерализованных вод, применяется для самых ответственных сооружений.

Расширяющиеся цементы получают при смешивании глиноземистого цемента, гипса и высокоосновного гидрата кальция. Эти цементы применяются для заделки швов сегментной крепи и других гидроизоляционных работ.

Бетон представляет собой искусственный строительный материал, получаемый в результате затвердевания смеси из цемента, воды и заполнителей. В качестве заполнителей применяется кварцевый песок, гравий и щебень.

По расходу цемента бетоны подразделяют на жирные – с расходом цемента более 250 кг на 1 м³ бетона, средние – с расходом цемента 200-250 кг на 1 м³ бетона и тощие – с расходом цемента менее 200 кг на 1 м³ бетона.

По количеству употребляемой воды различают жесткий бетон, содержащий 6-6,5 % воды по весу, при укладке которого требуется сильная трамбовка; пластичный, содержащий 6,5-8 % воды, требующий сравнительно слабой трамбовки, и литой, содержащий 8-12 % воды. Для изготовления крепи горных выработок применяются жесткие бетоны марок 200 и в перспективе 300.

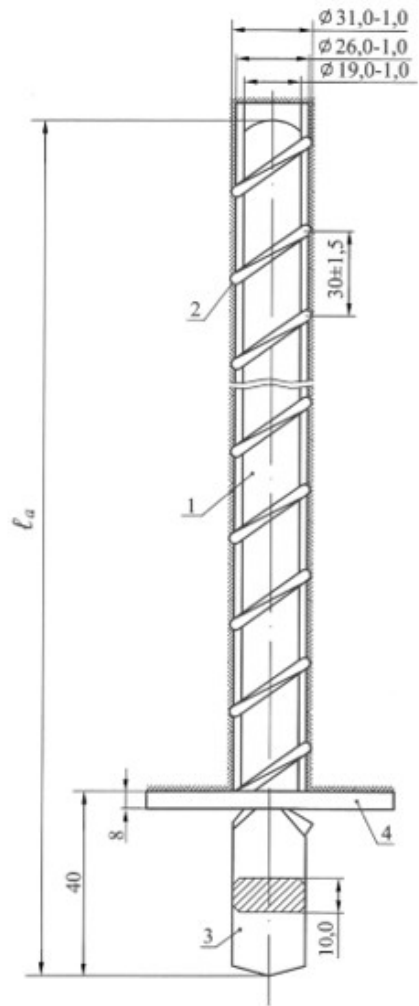
Железобетон представляет собой строительный материал, в котором металлический каркас (арматура) заполнен бетоном. Для крепления горных выработок часто применяют сборные железобетонные конструкции.

4.6 Анкерная крепь и ее виды, применяемые на Старобинском месторождении. Режимы нагружения анкерной крепи

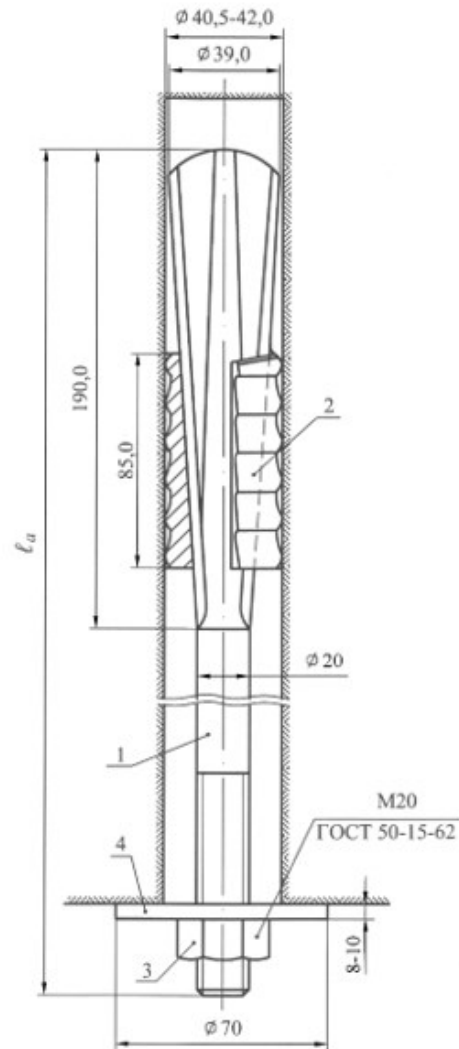
Анкерная крепь представляет собой стержни (металлические, полимерные, железобетонные и др.), закрепленные различным образом в шпурах или скважинах. Она предназначена для поддержания в устойчивом состоянии приконтурных пород горных выработок в течение необходимого срока службы.

На Старобинском месторождении анкерная крепь является основным видом крепления. Применяются три типа металлической анкерной крепи: КАЗ (крепь анкерная замковая), КАМВ (крепь анкерная металлическая винтовая) и КАВ(ЗЦ) – крепь анкерная винтовая замковая цельная.

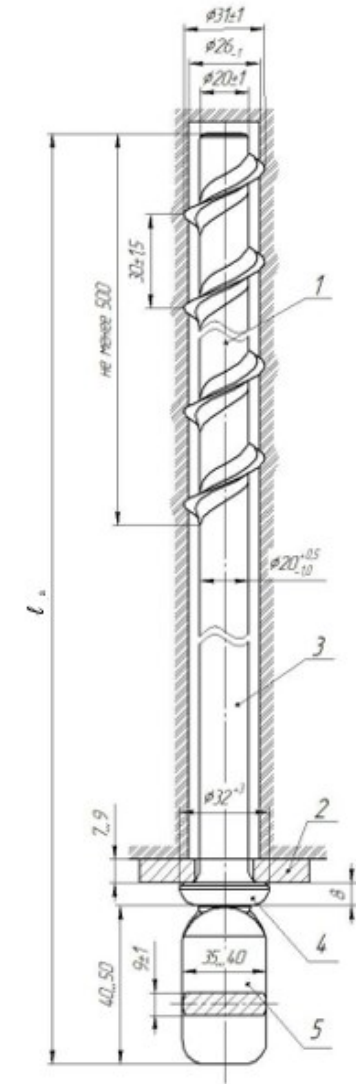
Конструкции анкерной крепи показаны на рисунке 4.3.



- 1 – круглый стержень;
 2 – резьба специального профиля;
 3 – хвостовик на шайбу;
 4 – шайба опорная плоская



- 1 – несущий стержень; 2 – две распорные
 полуштулки («сухари»); 3 – натяжная
 гайка; 4 – шайба опорная



- 1 – винт с резьбой специального профиля
 (винтовой замок); 2 – шайба опорная
 плоская; 3 – несущий стержень (круглый);
 4 – опорный элемент; 5 – хвостовик

Рисунок 4.3 – Конструкции анкерной крепи КАЗ, КАМВ, КАВ(ЗЦ)

Крепь КАЗ (рисунок 4.3, б) работает в податливом режиме нагружения. Она предусматривает повышение устойчивости приконтурных пород за счет их подвешивания с расположением замковой части за пределами зоны возможного обрушения. Податливость анкера до полной потери несущей способности достигается за счет проскальзывания клина в замке и вытягивания металла до 60-75 мм.

Крепи КАМВ и КАВ(ЗЦ) (рисунок 4.3, а и 4.3, в) работают в жестком режиме нагружения. Крепь КАМВ предусматривает повышение устойчивости приконтурных пород путем их сшивания, а крепь КАВ(ЗЦ) – путем их подвешивания с расположением замковой части за пределами зоны возможного обрушения. Податливость до разрыва анкеров достигается за счет вытягивания металла и составляет 30 мм (КАМВ) и 25 мм КАВ(ЗЦ).

4.6.1 Крепь анкерная замковая (КАЗ)

Анкер крепи (смотри рисунок 4.3, б) состоит из стержня 1, изготавливаемого из стали марки Ст. 5, который в верхнем конце переходит в клин, а на нижнем имеет резьбу М 20, двух распорных полувтулок («сухарей» – (2)), натяжной гайки (3) и шайбы (опорной плитки) (4).

Длина анкера составляет 900-2000 мм (через каждые 100 мм), а диаметр стержня – 20 мм. Анкер закрепляется в шпуре посредством расклинивания вручную клиноконической головки в «сухарях».

В каменной соли и сильвините несущая способность анкера составляет 100-110 кН. При установке в глинистых породах несущая способность анкера снижается до 50-70 кН при той же средней величине податливости.

Достоинства анкеров КАЗ:

- обладают достаточно большой податливостью;
- позволяют осуществлять визуальный контроль за состоянием крепи в процессе эксплуатации.

Недостатки:

- низкая несущая способность в глинистых породах;
- создают небольшое первоначальное натяжение (не более 25 кН в соли и 5 кН в глине);
- до выхода на максимальную нагрузку допускают расслоение сшитой пачки пород до 20-30 мм;
- установка крепи трудоемка и не поддается механизации.

Область применения:

- крепление кровли очистных и подготовительных выработок;
- крепление кровли выработок в сочетании с винтовыми анкерами;
- крепление «козырьков» выработок;

- крепление боков выработок и междуштрековых целиков.

4.6.2 Крепь анкерная винтовая металлическая (КАМВ)

Анкер крепи (смотри рисунок 4.3, а) представляет собой круглый стержень из стали марки Ст. 3, имеющий по всей длине резьбу специального профиля 2. Один конец анкера 3 расплюсчен с целью возможности завинчивания его в шпур и удержания опорной шайбы 4.

Длина анкера составляет 900-1800 мм (через каждые 300 мм).

Процесс крепления выработок анкерами КАМВ состоит из бурения шпуров и завинчивания в них анкеров с помощью бурового оборудования. При диаметре анкера по резьбе 31,0-1,0 мм и диаметре шпура 26,0-1,0 мм) несущая способность анкера составляет 100-120 кН в каменной соли и сильвините и 70-100 кН – в глинистых породах.

Достоинства КАМВ:

- вступают в работу сразу после установки, не допускают расслоения пород;
- работы по возведению крепи механизированы;
- высокая несущая способность.

Недостатки:

- необходимость соблюдения точного соответствия между диаметрами шпура и анкера;
- трудоемкость бурения шпуров диаметром 25-26 мм в породах с высоким содержанием глинистых прослоек;
- ограниченная податливость анкеров (не более 30 мм);
- невозможность контроля за состоянием крепи в процессе эксплуатации.

Область применения

Применение анкеров допускается в любых горно-геологических и горнотехнических условиях месторождения. В выработках, где прогнозируются большие смещения пород, КАМВ целесообразно применять в сочетании с анкерами КАЗ или КАВ(ЗЦ).

4.6.3 Крепь анкерная винтовая замковая цельная КАВ(ЗЦ)

Анкер крепи (смотри рисунок 4.3, в) представляет собой цельное горячекатаное изделие, изготавливаемое из круглой стали марки Ст.3. Конструктивно анкер состоит из винтовой части (винтового замка) 1, несущего стержня 3 с выштампованными на его конце опорным элементом 4 и хвостовиком 5, который выполнен в форме лопатки и служит для

заворачивания анкера в шпур с помощью бурового оборудования. В комплект изделия входит также опорная шайба 2.

Длина анкера составляет 900-2200 мм через каждые 100 мм (тип анкера А) и 1100-1800 мм через каждые 100 мм (тип анкера Б). Диаметр стержня анкера составляет 20 мм, а длина винтового замка – 500 ± 50 мм (тип А) и 700 ± 50 мм (тип Б).

Процесс крепления выработок анкерами КАВ(ЗЦ) аналогичен с анкерами КАМВ и состоит из бурения шпуров и завинчивания в них анкеров с помощью бурового оборудования.

При диаметре винтового замка по резьбе 31,0-1,0 мм и диаметре шпура 26-1,0 мм несущая способность анкера составляет 100-110 кН в каменной соли и сильвините и 70 кН – в глинистых породах.

Отличительной особенностью анкера является то, что при величине податливости 25 мм анкер разрывается в резьбовой части при его установке в каменной соли или сильвините и не разрывается при его установке в глинистых породах.

Достоинства анкеров КАВ(ЗЦ):

- вступают в работу сразу после установки, не допускают расслоения пород;
- работы по возведению крепи механизированы;
- высокая несущая способность;
- позволяют осуществлять визуальный контроль за состоянием крепи в процессе эксплуатации;

Недостатки:

- необходимость соблюдения точного соответствия между диаметрами шпура и винтового замка анкера;
- трудоемкость бурения шпуров диаметров 25-26 мм в породах с высоким содержанием глинистых прослоек;
- ограниченная податливость анкеров.

Применение анкеров допускается в любых горно-геологических и горнотехнических условиях месторождения. Рациональной областью применения является:

- крепление кровли очистных и подготовительных выработок;
- крепление кровли выработок в сочетании с винтовыми анкерами;
- крепление «козырьков» выработок;
- крепление боков выработок и междуштрековых целиков.

4.7 Проходческий цикл

При проведении выработок применяется в основном цикличная организация работ.

Проходческим циклом называется совокупность основных и вспомогательных проходческих операций, повторяющихся в определенной последовательности в течение определенного промежутка времени для перемещения забоя на установленную паспортом величину.

Для проведения выработок в зависимости от крепости пород обычно применяют **буровзрывной (БВР)** или **комбайновый** способы.

Проходческий цикл при проведении выработок буровзрывным способом в породах средней крепости и крепких слагается из следующих основных операций:

1 – бурение шпуров в соответствии с паспортом БВР. Для этого используют как специальные бурильные установки разной конструкции, так и ручные электросверла, перфораторы и т.д.;

2 – зарядание и взрывание зарядов в забое проходимой выработки;

3 – проветривание забоя после взрыва обычно с помощью вентилятора местного проветривания;

4 – уборка отбитой горной массы. Этот процесс заключается в погрузке горной массы обычно с помощью специальных погрузочных машин на гусеничном, пневматическом, рельсовом ходу (ковшовые или с нагребными лапами) или скреперных установок в транспортные средства такие как самоходные вагоны, рельсовые вагонетки и др. (зачастую через промежуточный перегружатель конвейерного типа);

5 – возведение крепи в проходимой выработке (производится после отгрузки отбитой горной массы);

6 – транспортирование горной массы из забоя с помощью вышеуказанных транспортных средств.

К вспомогательным операциям при буровзрывном способе проходки относятся:

1 – возведение временной крепи в проходимой выработке после каждого взрыва (если такая крепь требуется паспортом крепления);

2 – настилка рельсового пути вслед за каждым продвижением забоя (если этот путь предусмотрен);

3 – устройство водоотливной канавки (если она требуется).

В породах меньше средней крепости проходка выработок ведется комбайновым способом.

К основным операциям при этом способе проходки относятся:

1 – отбойка руды (производится механическим способом с помощью исполнительного органа комбайна);

2 – погрузка комбайном отбитой горной массы на транспортные средства (самоходные вагоны, телескопические конвейеры, рельсовые вагонетки и другие) обычно тоже через промежуточные специальные бункеры-

перегрузатели или перегружатели конвейерного типа). Таким образом, комбайн совмещает процессы отбойки и погрузки;

3 – транспортирование горной массы из забоя с помощью вышеуказанных транспортных средств (самоходные вагоны и т.д.).

К вспомогательным операциям здесь относятся:

1 – крепление проходимых выработок в соответствии с паспортом крепления (если оно требуется);

2 – проветривание забоя;

3 – электроснабжение;

4 – бурение дренажных шпуров (если требуется).

4.8 Проходческие комбайны с исполнительным органом избирательного и бурового действия, их конструкция и производительность

Проходческий комбайн – это горная машина, предназначенная для проходки горных выработок и очистной выемки руды в камерах.

Различают два типа проходческих комбайнов:

– комбайны избирательного действия;

– комбайны бурового типа.

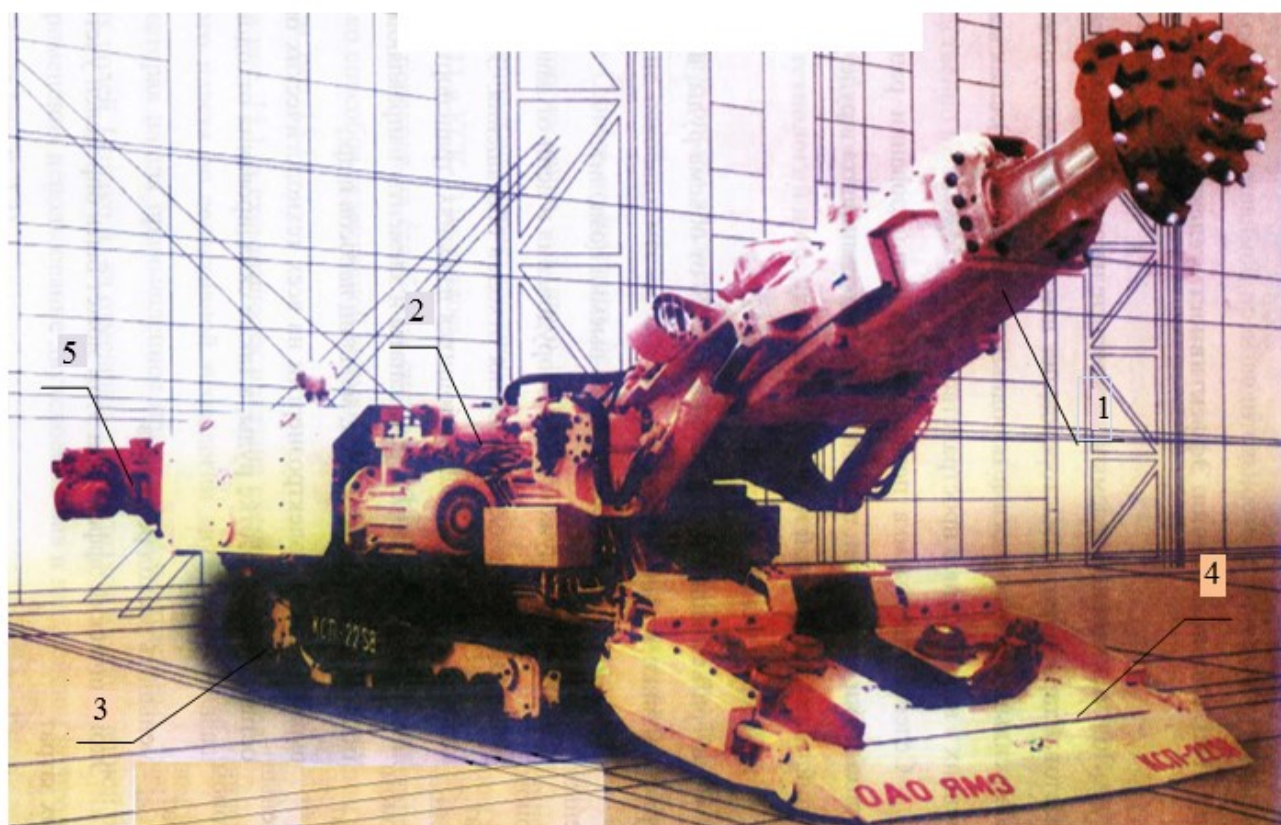
Комбайны избирательного действия

Комбайны избирательного действия со стреловидным исполнительным органом отличаются относительной простотой конструкции, универсальностью, высокими эксплуатационными качествами и широко применяются в горной промышленности. Они осуществляют обработку забоя не сразу по всей площади, а отдельными участками, что позволяет производить раздельную выемку полезного ископаемого и породы, однако обладают низкой производительностью (не более 1,0 т/мин).

В странах бывшего СССР и за рубежом создан целый ряд комбайнов такой конструкции – УПК-2, 4ПУ, 5ПУ, ГПК, 4ПП-2 (страны бывшего СССР); EB-100 (фирма «Айкхофф» – Германия), Доско (фирма «Доско» – Англия), 6СМ-3 (фирма «Джой» – США).

На рудниках Старобинского месторождения в настоящее время применяются комбайны избирательного действия – 4ПП-2С, КСП-22С и КИД-220, которые выполняют вспомогательные работы по оборке кровли разрушающихся горных выработок, оформлению в кровле выработок для их охраны разгрузочных полостей, разделке узлов сопряжений и ниш. На рисунке 4.4 показан вид комбайна КСП-22С.

Комбайн КСП-22С относится к легким, высокоманевренным и компактным машинам. Он оснащен жестким исполнительным органом (1) с приводом (2). Исполнительный орган комбайна выполнен телескопическим, поэтому позволяет производить забуривание режущей коронки без перемещения машины. В центральной части комбайна расположен питатель (4) и скребковый конвейер (5), который может быть неповоротным или подъемно-поворотным. Ходовая часть сделана в виде широких гусениц и имеет независимый привод.



1 – исполнительный орган стреловидного типа; 2 – привод;
3 – ходовая часть; 4 – питатель; 5 – поворотный скребковый конвейер
Рисунок 4.4 – Комбайн КСП-22С

В таблице 4.1 приведены основные технические данные комбайна.

Таблица 4.1 – Техническая характеристика комбайна КСП-22С

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
1	2	3
Верхний предел прочности разрушаемых пород	МПа	100 ($f=8$)
Максимальное сечение выработки	м ²	9
Диапазон углов наклона выработки	град.	± 12
Ход телескопа стрелы исполнительного органа	мм	630

1	2	3
Режущая коронка: – наибольший диаметр; – скорость резания на наибольшем диаметре	мм м/с	1000 1,8
Тип питания		погрузочный стол с нагребными лапами
Привод ходовых тележек		гидромеханический
Скорость движения	м/мин	2,4
Тяговое усилие	кН	260
Суммарная номинальная мощность электродвигателей	кВт	220
Габаритные размеры: – длина (без перегружателя); – ширина по гусеницам; – высота по корпусу	мм	12600 2500 2200
Примечание – f – прочность пород по шкале проф. М.М. Протоdjeяконова		

Комбайны бурового типа

Комбайны бурового типа ведут обработку забоя сразу по всей площади. Они являются высокопроизводительными машинами непрерывного действия, что обеспечивается совмещением во времени операций по разрушению забоя, оформлению профиля проходимой выработки и уборке разрушенной горной массы. В странах бывшего СССР созданы три типа буровых комбайнов – Караганда-7/15С, ШБМ-2, ПК-8. За рубежом наибольшую известность получили буровые комбайны 2ВТ-6 (фирма «Джой» – США), Гудмен Майер (фирма «Гудмен» – США), комбайны фирм «Виккерс» и «Вильямс» (Англия), СВМ-40 (фирма «Баде» – Германия) и Хабеггер (фирма «Хабеггер-Тун» – Швейцария).

На рудниках Старобинского месторождения очистную выемку в камерах ведут проходческо-очистными комплексами, в состав которых входят: комбайны бурового типа ПКС-8, КРП-3 и Урал-10КС, бункер-перегрузатель БП-3А, самоходный вагон 5ВС-15М.

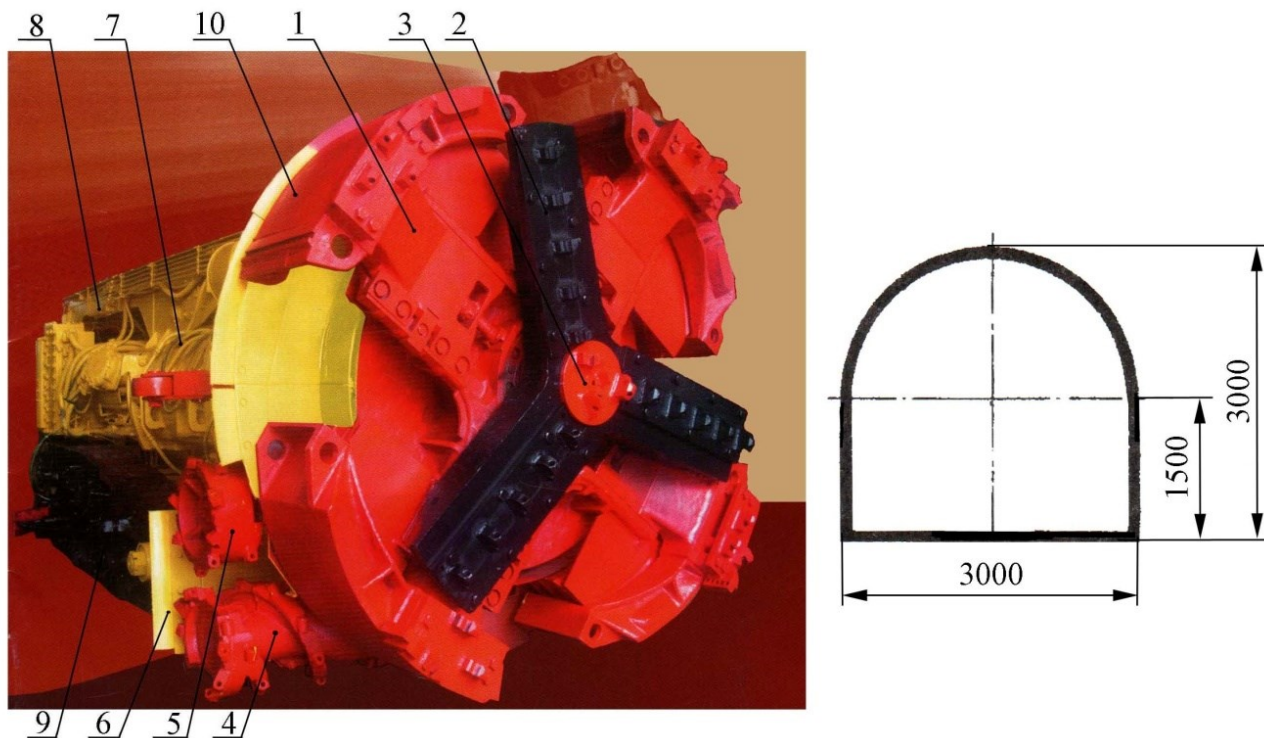
Комбайн КРП-3 с жестким исполнительным органом применяется при ведении очистной выемки в камерах, между которыми оставляются жесткие целики шириной не менее 3,0 м (камерная система разработки с жесткими целиками).

Комбайн Урал-10КС имеет регулируемый по высоте исполнительный орган, позволяющий осуществлять отгон комбайна из камеры при значительных ее деформациях, что имеет место при оставлении между

камерами целиков минимальных размеров – не более 1,5 м (камерная система разработки с податливыми целиками).

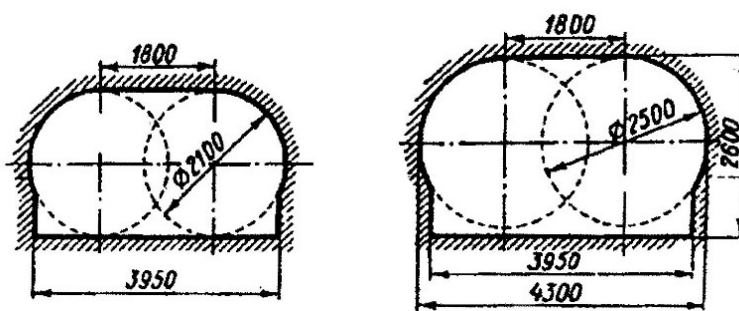
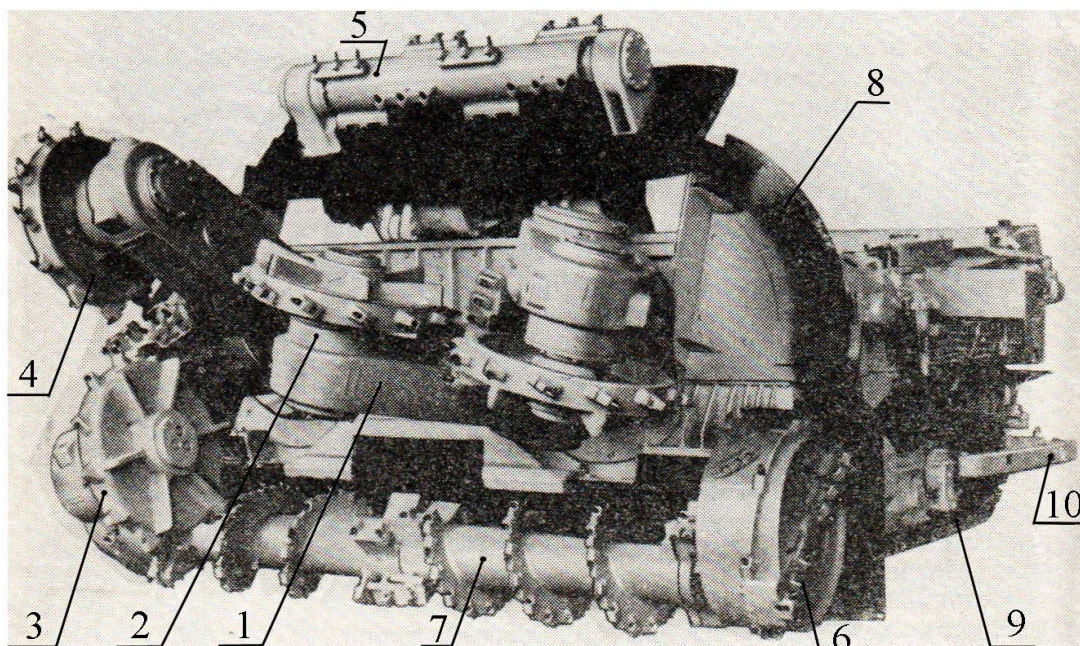
Компоновка комбайнов КРП-3 и Урал-10КС, а также форма и размеры поперечного сечения выработок, проходимых этими комбайнами, показаны на рисунках 4.5 и 4.6.

Основные технические данные комбайнов КРП-3 и Урал-10КС приведены в таблице 4.2.



- 1 – крестовина; 2 – трехлучевой бур; 3 – забурник; 4 – бермовые фрезы;
5 – отрезные барабаны; 6 – подборные щитки; 7 – привод;
8 – ленточный конвейер; 9 – гусеницы; 10 – отгораживающий щит

Рисунок 4.5 – Буровой комбайн КРП-3
с формой и размерами проводимых ими выработок



- 1, 2 – раздвижные рукояти; 3, 4 – резовые диски; 5 – отбойный барабан;
 6 – боковые фрезы бермового органа; 7 шнек бермового органа;
 8 – отгораживающий щит; 9 – гусеницы; 10 – распорные лыжи

Рисунок 4.6 – Буровой комбайн Урал-10КС
 с формой и размерами проводимых ими выработок

Таблица 4.2 – Техническая характеристика комбайнов КРП-3 и Урал-10КС

Наименование параметра	Единица измерения	Комбайн	
		КРП-3	Урал-10КС
1	2	3	4
Производительность	т/мин	4,5	4,0
Размеры сечения выработок:			
– высота;	м	3,0	2,2; 2,4; 2,6
– ширина		3,0	4,0; 4,2; 4,4
Площадь сечения выработки	м ²	8,0	8,3; 9,4; 10,5
Угол наклона проходимой выработки	град.	± 15	± 12

1	2	3	4
Скорость движения: – маневровая; – рабочая	м/час	200 12	120 8
Клиренс	мм	250	210
Питающее напряжение	В	660	660
Суммарная мощность электродвигателей	кВт	385	465
Число электродвигателей	шт.	5	11
Тип подающего механизма		гусеничный	
Основные размеры: – длина; – ширина (по гусеничному ходу); – высота	мм	9200 2100 3000	12300 2290 2200; 2400; 2600
Масса	т	58,8	63,0

Комбайн КРП-3 имеет в передней части роторный исполнительный орган, включающий крестовину (1) и соосно расположенный впереди нее трехлучевой бур (2) с забурником (3), оснащенные резцами.

Для уравнивания сил, действующих на комбайн, крестовина и трехлучевой бур вращаются в противоположных направлениях с помощью привода (7).

Резцами, расположенными на державках, прорезаются в горном массиве концентрические щели, а оставшиеся между ними целики скалываются специальными скалывателями.

Бермовые фрезы (4) и отрезные барабаны (5) придают сечению выработки арочную форму.

Отбитая горная масса, подталкиваемая подборными щитками (6), убирается из призабойного пространства четырьмя ковшами, расположенными на крестовине. Опускаясь вниз, ковши зачерпывают отбитую горную массу, а поднимаясь, разгружают ее на транспортирующий конвейер (8). Передвижение комбайна по выработке осуществляется с помощью двух гусеничных тележек (9). Отгораживающий щит (10) служит для изоляции призабойного пространства от проводимой выработки и состоит из отдельных сварных секций, оснащенных по контуру резиновыми манжетами из конвейерной ленты.

Для борьбы с пылью на комбайне имеется система пылеотсоса, которая при наличии лобового отгораживающего щита снижает запыленность воздуха на месте работы машиниста.

Очистной комбайн Урал-10КС оснащен в передней части двумя главными исполнительными органами планетарного типа. В каждый главный

исполнительный орган входят две раздвижные рукояти (1) и (2) с двумя резцовыми дисками (3) и (4). Для уравнивания сил, действующих на комбайн, главные исполнительные органы имеют встречное направление вращения.

Кроме главных исполнительных органов, образующих забой круглого сечения, комбайн имеет верхний отбойный барабан (5) и бермовый орган, состоящий из боковых фрез (6) и расположенного между ними шнека (7).

Бермовый орган используется для погрузки горной массы на скребковый конвейер. На раме позади исполнительных органов комбайна закреплен вертикальный щит (8), ограждающий машиниста от призабойного пространства и зоны активного пылеобразования. Для борьбы с пылью на комбайне установлена пылеотсасывающая установка.

Комбайн оснащен также гусеничным ходом (9) с распорными лыжами (10).

4.9 Шпуры врубовые, отбойные и оконтуривающие. Основные типы врубов при проведении выработок

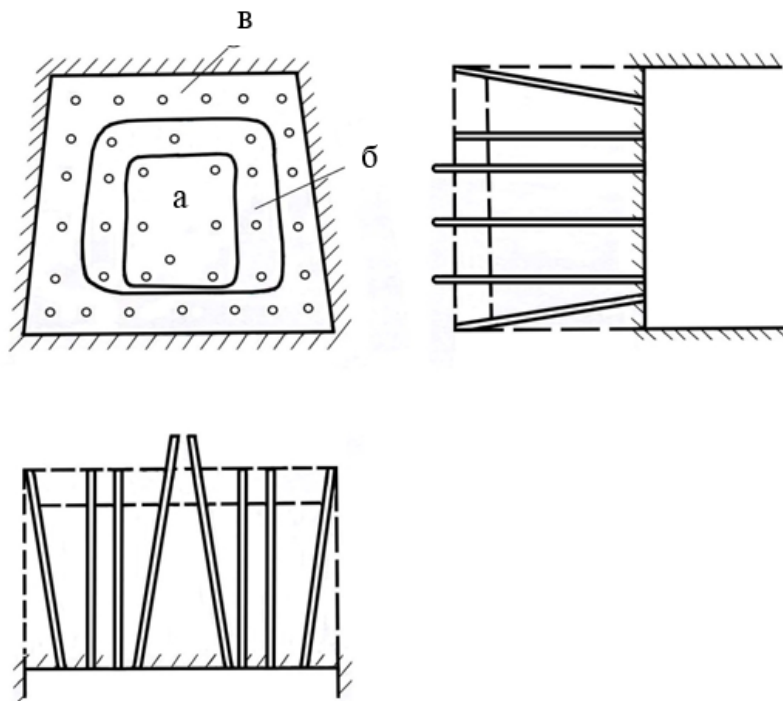
При проведении горных выработок буровзрывным способом, как правило, используют шпуровой метод. **Шпур** – это продольное цилиндрическое углубление в горной породе диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, предназначенное для размещения взрывчатого вещества (ВВ). Шпуры могут быть горизонтальные, наклонные, вертикальные (нисходящие и восходящие). При проведении выработок шпуры бурят диаметром до 45 мм.

Эффективность отделения породы от массива и дробления ее на куски зависит от ряда факторов. Основными из них являются: крепость, слоистость и трещиноватость горных пород. Для получения наибольшего эффекта от взрывных работ шпуры в забое необходимо располагать с учетом этих факторов.

При взрыве заряда в шпурах, пробуренных перпендикулярно плоскости забоя, отрыва породы не произойдет. При взрыве же зарядов в шпурах, пробуренных под углом к плоскости забоя, условия для отрыва породы более благоприятны. При взрыве зарядов в наклонных шпурах образуется вруб, создающий вторую обнаженную плоскость в забое проводимой выработки. *Эти шпуры называются врубовыми.* Заряды в них взрывают в первую очередь. Врубовые шпуры могут быть трех типов – щелевые, призматические и клиновые. Шпуры щелевого вруба бурят на 0,2 м глубже остальных шпуров. Призматический вруб, состоящий из пяти-семи шпуров, применяется при проходке выработок по вмещающим породам. При проходке выработок большого сечения применяется клиновый вруб. Все последующие заряды в

шпурах взрывают при наличии второй обнаженной плоскости. Эти шпуры подразделяются на отбойные и оконтуривающие. Последние придают выработке проектную форму поперечного сечения.

Отбойные шпуры бурят параллельно оси выработки, оконтуривающие – наклонно к бокам выработки (рисунок 4.7).



а – врубовые, б – отбойные, в – оконтуривающие

Рисунок 4.7 – Расположение шпуров в забое

4.10 Погрузка и доставка руды при буровзрывном и комбайновом способах проведения горизонтальных и наклонных выработок

При проведении выработок буровзрывным способом возникает необходимость погрузки отбитой руды и породы в транспортные средства. Это один из наиболее трудоемких и продолжительных рабочих процессов проходческого цикла. Этот процесс механизирован с помощью различных погрузочных машин и скреперных комплексов.

По принципу работы погрузочные машины для горизонтальных выработок подразделяются на *машины непрерывного и периодического действия*.

Погрузочные машины непрерывного действия (рисунок 4.8) обычно имеют гусеничный ход и исполнительный орган в виде нагребавших лап. Ими осуществляется непрерывный боковой захват полезного ископаемого и породы, которые с помощью скребкового или пластинчатого конвейера перегружаются в транспортные средства. Такие машины выпускаются типа ПМ. На машинах

непрерывного действия часто монтируется навесное буровое оборудование. Такие машины выпускаются типа ПНБ (2 ПНБ-2Б, ПНБ-3Д и другие).

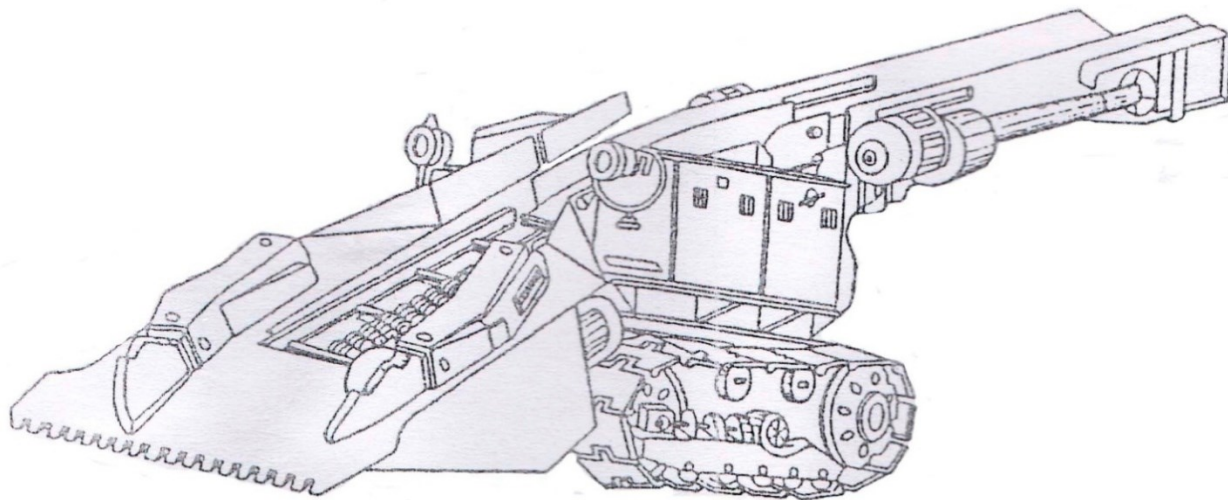


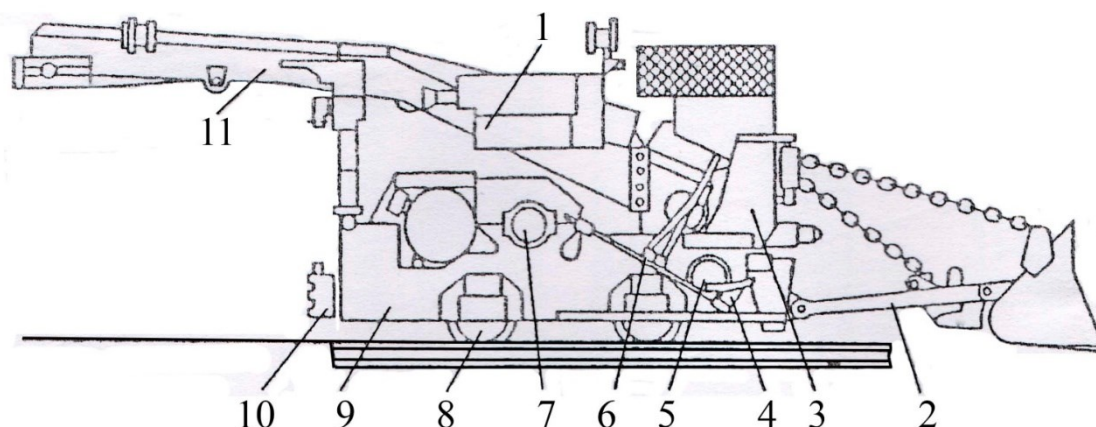
Рисунок 4.8 – Погрузочная машина непрерывного действия

Погрузочные машины периодического действия делят на машины прямой и ступенчатой погрузки. Эти машины имеют в основном колесно-рельсовый ход.

Машины ковшового типа прямой погрузки (ПНН1С, ППН2Г и другие) осуществляют погрузку породы непосредственно в рудничные вагонетки. Ковш, находясь в опущенном положении, при движении машины на забой загружается разрушенной породой. Наполненный породой ковш, описав дугу с помощью качалки-кулисы, поднимается в крайнее верхнее положение, и порода из него разгружается в вагонетку или на конвейер.

Погрузочные машины ковшового типа ступенчатой погрузки (1ППН5, ППМ4У и другие) на колесно-рельсовом ходу имеют перегрузочный конвейер, по которому порода транспортируется в вагонетки или на конвейер (рисунок 4.9), расположенный в выработке.

При комбайновом способе проведения выработок погрузка отбитой руды и породы в транспортные средства осуществляется самим комбайном. Например, на рудниках Старобинского месторождения комбайны бурового (роторного) действия ПК-8МА, ПКС-8, КРП-3, Урал-10 КС, Урал-61 производят погрузку отбитой руды и породы с помощью своего исполнительного органа на собственный конвейер, который перегружает горную массу в бункер-перегрузатель, а тот – в самоходный вагон.



- 1 – электрооборудование; 2 – ковш со стрелой; 3 – передняя стойка;
 4 – механизм управления перемещением машины; 5 – механизм подъема ковша;
 6 – система управления подъемом ковша; 7 – механизм перемещения машины;
 8 – тележка; 9 – рама; 10 – буферные сцепки;
 11 – ленточный перегрузочный конвейер

Рисунок 4.9 – Погрузочная машина ступенчатой погрузки 1ППН5

Если для проходки выработки используется комбайн избирательного действия (4ПП-2С, КСП-22С), то погрузка отбитой им на почву горной массы производится на собственный конвейер с помощью питателя с нагребными лапами, а затем выгружается в самоходный вагон или на скребковый конвейер.

Для погрузки породы применяются также скреперные погрузочно-доставочные комплексы (скреперные установки). Скреперный погрузчик УСП-1М (рисунок 4.10) в сочетании с ленточным конвейером состоит из скрепера 1, погрузочного полка 2, скреперной лебедки 3, забойного блока 5, канатов 6, системы пылеподавления 4 и электрооборудования.

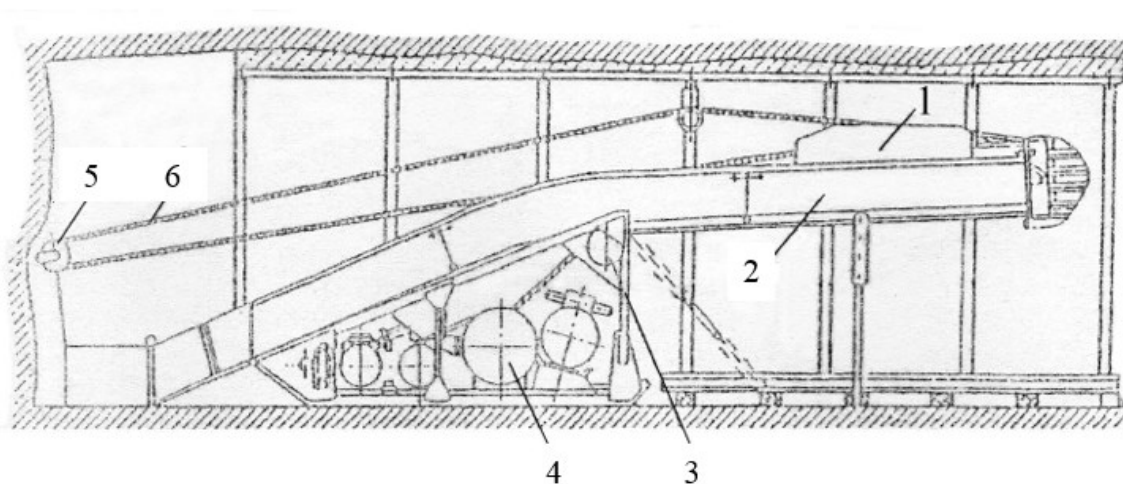


Рисунок 4.10 – Скреперный погрузчик УСП-1М

Для погрузки породы применяют коробчатые и гребковые скреперы вместимостью до $0,8 \text{ м}^3$, причем коробчатые – при равномерно и мелкораздробленной (до 200 мм) породе, а гребковые – при крупной кусковатости.

Производительность погрузки породы в значительной степени зависит от способа замены груженных вагонеток порожними, который выбирается в зависимости от организации работ в забое, механизации погрузки, ширины выработки.

4.11 Способы охраны горных выработок на Старобинском месторождении

Для сохранения выработок в пригодном для эксплуатации состоянии кроме крепления применяют различные меры охраны, позволяющие снизить напряжения в породном массиве в пределах контура выработки.

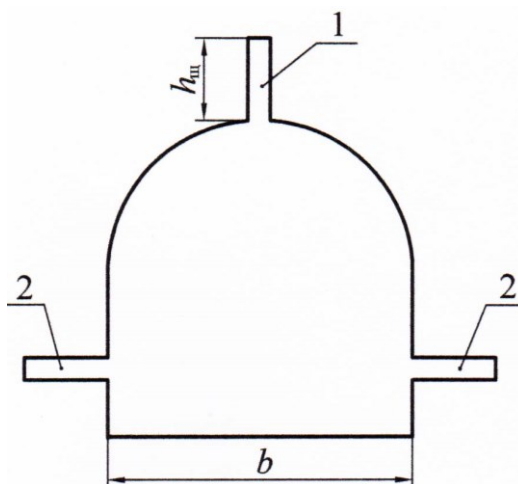
Под охраной горной выработки понимают совокупность мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработки.

На Старобинском месторождении широкое применение нашли два способа охраны горизонтальных выработок:

- 1) способ охраны компенсационными щелями;
- 2) способ охраны разгружающими выработками.

4.11.1 Способ охраны компенсационными щелями

При способе охраны компенсационными щелями последние оформляют по контуру выработки (рисунок 4.11).



- 1 – щель в кровле выработки; 2 – щель в боках выработки;
 b – ширина выработки; $h_{щ}$ – глубина щели

Рисунок 4.11 – Охрана горизонтальной выработки компенсационными щелями

Механизм работы щелей заключается в том, что в зоне влияния очистных работ вмещающие породы разламываются у груди забоя щелей с образованием в кровле и стенках выработки монолитных блоков, которые продолжая деформироваться, создают вокруг выработки устойчивую защитную оболочку мощностью, примерно равной глубине щелей.

В первую очередь щели прорезают в кровле и вслед за тем (при необходимости) в боках и в почве. В выработках, подлежащих креплению анкерами и на сопряжениях выработок, щель проводится после возведения крепи. Глубина щели $h_{щ}$ определяется по формуле:

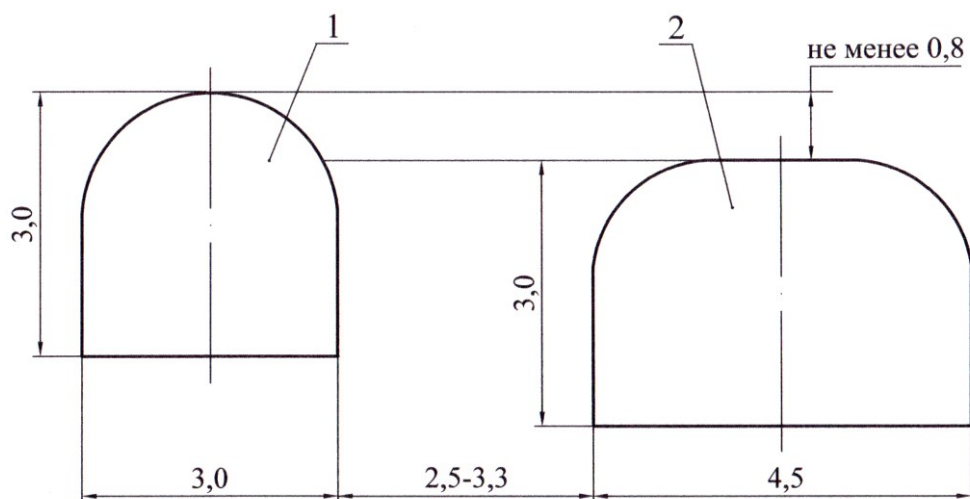
$$h_{щ} \geq 0,25 \cdot b \pm 0,2 \text{ м}, \quad (4.1)$$

где b – ширина выработки, м.

Щели в кровле и боках проводят сплошными по длине выработки и заполняют податливым материалом. При глубине заложения выработки менее 800 м и ширине 3,0-3,2 м вертикальные щели допускается оставлять незаполненными. Деревянные брусья, используемые в качестве заполнителя, устанавливают в щелях через 1,0-1,5 м. Время между прорезкой щели и ее заполнением не должно превышать одних суток.

4.11.2 Способ охраны разгружающими выработками

Разгружающие выработки проводятся с целью перераспределения напряжений вокруг охраняемой выработки, подверженной повышенному горному давлению (рисунок 4.12).



1 – разгружающая выработка, 2 – охраняемая выработка

Рисунок 4.12 – Охрана горизонтальной выработки разгружающей выработкой

Механизм воздействия разгружающей выработки на охраняемую заключается в создании возможности продольного смещения слоев кровли в

сторону разгружающей выработки и снижения за счет этого вертикальной составляющей горного давления на охраняемую выработку.

Разгружающая выработка проводится первой в группе и вслед за ней последовательно все остальные.

Превышение кровли в разгружающей выработке относительно охраняемой должно быть не менее 0,8 м. Оно создается комбайном при проходке, буровзрывными работами, проведением компенсационной щели машинным способом или компенсационной полости комбайном избирательного действия.

Ленточные целики, оставляемые между разгружающей и охраняемой выработками, должны быть шириной 2,5-3,3 м.

Областью применения разгружающих выработок являются глубины не более 800 м.

4.12 Трещиноватость горных пород и ее влияние на устойчивость горных выработок

Трещиноватостью горных пород называется совокупность трещин разных размеров и разного происхождения, обычно сообщающихся между собой. **Трещины** – это разрывы сплошности в горных породах. Трещины могут быть заполнены водой, газами, минеральными и органическими веществами. Естественная (геологического происхождения) трещиноватость горных пород оказывает существенное влияние на выбор системы разработки и параметры буровзрывных работ, особенно при разработке рудных месторождений.

Кроме трещин геологического происхождения в горных породах, окружающих выработку, под действием горного давления могут возникать трещины эксплуатационного происхождения (трещины давления).

Нарушенность горных пород трещинами существенно снижает устойчивость выработок. Как показывает практический опыт поддержания выработок неучет трещинообразования горных пород приводит к увеличению затрат на ремонтно-восстановительные работы и снижению безопасности труда. Поэтому важное значение приобретает знание наличия зон трещинообразования и глубины распространения трещин, особенно при использовании в качестве постоянной крепи выработок анкерных крепей.

Например, на Старобинском месторождении по данным шахтных исследований, выполненных в широком диапазоне изменения горно-геологических условий, установлена глубина распространения эксплуатационных трещин, которая составляет 0,3-0,5 м. Результаты исследований учитываются при выборе параметров анкерного крепления выработок.

4.13 Ремонт горных выработок

Если под воздействием горного давления выработки подверглись значительным деформациям с уменьшением площади поперечного сечения до недопустимых размеров, то производится их ремонт.

В зависимости от характера деформаций крепи выработок и уменьшения площади сечения выработки различают следующие виды ремонта:

1 Текущий ремонт, при котором устраняют мелкие неисправности крепи (например, замена отдельных поломанных стоек, верхняков, рам, заделка трещин, установка отдельных дополнительных анкерных болтов) и производят очистку почвы от просыпи, грязи и так далее.

2 Средний ремонт, при котором заменяют крепь на отдельных небольших участках выработки (частичное перекрепление); устанавливают промежуточные рамы или анкеры; производят подпорку почвы без переноски конвейеров и рельсовых путей.

3 Капитальный ремонт, при котором производят полную замену крепи (перекрепление) с увеличением поперечного сечения до размеров, установленных паспортом крепления, на больших участках; производят также подпорку почвы с перестилкой конвейеров или рельсовых путей.

4 Восстановление выработок, при котором ликвидируют завалы в выработках (если их завалило) с уборкой обрушенной породы.

Ремонтные работы на главных выработках обычно выполняют специальные ремонтно-восстановительные участки (РВУ). При этом очень важно организовать ремонт главных выработок так, чтобы не нарушить работу подземного транспорта и вентиляции. Ремонт вентиляционных выработок и вентиляционных устройств зачастую производят подземные участки вентиляции рудника (ПУВ), а выемочных выработок – рабочие горных участков.

Ремонтные работы в выработках с деревянной и арочной металлической крепью из спецпрофиля СВП слабо механизированы и выполняются, в основном, вручную.

На угольных месторождениях в незначительном объеме используются разные крепеустановки, подъемники и другие средства механизации.

На рудниках Старобинского месторождения при ремонте горных выработок зачастую производится выемка подвергшихся опасным деформациям пород кровли выработок с целью придания кровле ремонтируемой выработки устойчивой геометрической формы. Для этих целей, а также для расширения ремонтируемых выработок (при необходимости) используются проходческие комбайны избирательного действия типа 4ПП-2С, Урал-70, КСП-22С и КИД-220. Все они имеют гусеничный ход и стреловидный

исполнительный орган с режущей коронкой, оснащенной резцами (зубками). Комбайны осуществляют отбойку породы ее погрузку в транспортные средства с помощью собственного скребкового конвейера. Для поддирки, выравнивания и зачистки почвы ремонтируемых выработок используются комбайны типа Урал-60. Они обеспечивают толщину поддирочного слоя до 50 см с помощью боковых фрез и шнека. С помощью погрузочного органа, состоящего из шнека и скребкового конвейера, комбайн производит погрузку отбитой породы в транспортные средства.

РАЗДЕЛ 5 ВЕНТИЛЯЦИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ. ПОДЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

5.1 Способы вентиляции шахт и рудников

Для устойчивого поддержания во всех действующих горных выработках атмосферы, соответствующей Правилам безопасности, применяется вентиляция (проветривание) шахт и рудников.

Различают естественное и искусственное проветривание.

Естественное проветривание может применяться в негазовых и неглубоких шахтах. Движение воздуха по выработкам при этом способе проветривания вызывается разностью температур воздуха на поверхности и в подземных выработках. В настоящее время этот способ проветривания не используется из-за непостоянства подаваемого в шахту количества воздуха, а также невозможности изменять при необходимости направление движения воздушной струи по выработкам, то есть осуществлять его реверсирование.

Искусственное проветривание шахт и рудников осуществляется вентиляторами главного проветривания (ВГП), которые могут быть осевыми и центробежными. ВГП обычно устанавливаются вблизи вентиляционного ствола на поверхности, а в последнее время и под землей. При искусственном проветривании различают всасывающий и нагнетательный способы. В первом случае ВГП засасывает воздух из шахты, а во втором он его нагнетает.

На большинстве шахт применяют всасывающее проветривание. Нагнетательное проветривание на газовых шахтах запрещено вследствие того, что в случае остановки вентилятора давление воздуха при такой системе проветривания падает, и газы, находящиеся в выработанном пространстве и в трещинах, получают возможность выделяться более интенсивно и заполнять действующие выработки. При всасывающем проветривании остановка вентилятора приводит к повышению давления, в связи с чем выход газов в действующие выработки уменьшается.

По расположению стволов – подающего свежий воздух и вентиляционного (отводящего) – различают две схемы проветривания:

- центральную;
- фланговую.

При центральном проветривании оба ствола располагают примерно в центре шахтного поля. Воздух, поступающий в шахту, по подающему стволу, квершлагам и штрекам доходит до очистных выработок, омывает их, возвращается к вентиляционному стволу и выходит на поверхность.

При фланговом проветривании воздух выходит на поверхность по одному или нескольким стволам, расположенным на флангах (границах) шахтного поля.

5.2 Проветривание подземных выработок

Подготовительные и очистные выработки во время нахождения в них людей должны непрерывно проветриваться. Проветривание очистных забоев (лав) и забоев тупиковых подготовительных выработок длиной не более 10 м осуществляется за счет общешахтной депрессии, создаваемой вентилятором главного проветривания.

Кроме общешахтной депрессии забои подготовительных выработок длиной более 10 м проветриваются с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП). Установка вентиляторов местного проветривания в подготовительных забоях должна производиться по проекту, утвержденному главным инженером рудника. При этом производительность вентилятора местного проветривания не должна превышать 70 % количества воздуха, подаваемого к его всасу за счет общерудничной депрессии. Вентилятор местного проветривания должен устанавливаться на свежей струе воздуха на расстоянии не менее 10 м от исходящей струи с таким расчетом, чтобы воздух из исходящей струи не мог вновь засасываться вентилятором, то есть чтобы не создавалась рециркуляция.

Подача свежего воздуха ВМП производится по вентиляционным трубам (гибким или жестким). Расстояние от конца вентиляционных труб до забоя при буровзрывном способе проходки не должно превышать 10 м, а при комбайновом способе – 25 м (нагнетание свежего воздуха по гибкому трубопроводу) и 6-8 м (всасывание отработанного воздуха по жесткому трубопроводу).

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания выработок при комбайновом способе отбойки руды, на Старобинском месторождении определяется по следующим факторам: взрывоопасные и природные ядовитые газы, температура воздуха, минимальная допустимая скорость движения воздуха, наибольшее количество людей в смене.

Вентилятор подбирают по производительности и напору. В настоящее время изготавливаются в основном регулируемые вентиляторы, что позволяет уменьшать их напор в начальной стадии проведения выработки с целью экономии энергии. Для проветривания выработок применяются электрические осевые вентиляторы местного проветривания ВМ-3М, ВМ-4М, ВМ-5М, ВМ-6М, ВМ-8М, ВМ-12М. Подача воздуха вентилятором регулируется с помощью

направляющего аппарата с резиновыми профилированным лопатками, которые поворачиваются специальным механизмом на угол от $+45^\circ$ до $+50^\circ$.

5.3 Способы проветривания тупиковых выработок вентиляторами местного проветривания (ВМП)

В большинстве случаев проветривание забоев (или тупиковых выработок) осуществляется с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП) – от ВМ-3 до ВМ-6, а также ВМ-8 и ВМ-12.

В зависимости от условий проведения выработок применяются следующие способы проветривания забоев: нагнетательный, всасывающий, комбинированный (рисунок 5.1).

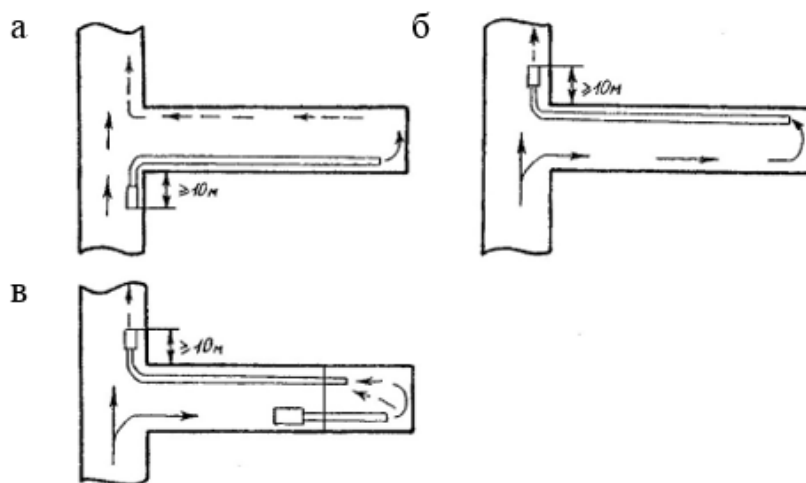


Рисунок 5.1 – Способы проветривания забоев

Наиболее распространенным является **нагнетательный способ проветривания** (рисунок 5.1, а), используемый и на рудниках Старобинского месторождения. Только этот способ допускается в шахтах и рудниках, опасных по газу и пыли. Свежий воздух подается по вентиляционному трубопроводу (как правило гибкому), прокладываемому по выработке, а загрязненный удаляется непосредственно по выработке.

Достоинство нагнетательного способа: свежий воздух подается непосредственно в рабочую зону.

Недостаток: по всей длине выработки находится несвежая струя. С учетом этого недостатка данный способ наиболее целесообразен в выработках длиной до 300м.

При **всасывающем способе проветривания** (рисунок 5.1, б) вся выработка, за исключением ее призабойной части, свободна от вредных газов и пыли.

Способ применяется в шахтах и рудниках, не опасных по газу и пыли. Эффективность проветривания выработки зависит от расстояния между концом всасывающего трубопровода и забоем, то есть чем ближе трубопровод расположен к забою, тем эффективнее проветривается выработка. Наилучшее проветривание обеспечивается в том случае, если конец трубопровода находится на удалении от забоя всего на 2-3 м. Но на практике его можно расположить не ближе 6-8 м. По мере увеличения этого расстояния в призабойной части образуется застойная (плохо проветриваемая) зона и качество проветривания выработки значительно ухудшается.

Достоинство всасывающего способа: несвежий воздух отводится из призабойного пространства по трубопроводу, а по всей длине выработки движется свежая струя. Недостаток: трудно выдерживать малое расстояние от конца трубопровода до забоя.

Как правило, при этом способе проветривания применяется жесткий трубопровод.

Комбинированный способ проветривания (рисунок 5.1, в) чаще всего применяют при скоростной проходке выработок большой длины. **Способ применяется в шахтах и рудниках не опасных по газу и пыли.** При этом способе один ВМП нагнетает чистый воздух в призабойную зону, а другой ВМП отсасывает загрязненный воздух. Часто призабойную зону отгораживают перемычкой, что уменьшает объем выработки, подлежащий проветриванию после взрывных работ и ускоряет проветривание.

5.4 Шахтный и атмосферный воздух. Микроклимат горных выработок

1 Атмосферный воздух – это оболочка, окружающая землю и состоящая из смеси газов и паров. Его состав практически постоянен и включает: 78, 08 % азота; 20, 95 % кислорода; 0,93 % аргона; суммарное содержание гелия, неона, кринтона, озона – не более 0,01 %. Кроме того, в атмосферном воздухе имеется водяной пар, примеси пыли и микроорганизмов, аммиак, сернистый газ и другое.

2 Шахтный (рудничный) воздух – это тот же атмосферный воздух, но изменивший свой химический состав, температуру и влажность при движении по горным выработкам. Если его состав отличается от атмосферного незначительно, то такой воздух называется *свежим* (или чистым), а при существенном отличии – *загрязненным* (отработанным, испорченным). Выработки, по которым подается свежий воздух, называются *воздухоподающими*, а по которым удаляется загрязненный воздух – *вентиляционными*.

Изменение состава воздуха в шахте сводится к уменьшению содержания кислорода (O_2) и увеличению содержания углекислого газа (CO_2), азота, CH_4 , CO и других газов, а также пыли. Меняется температура (t°), влажность воздуха и атмосферное давление. На изменение состава воздуха влияют: выделения газов из пород; образование газов при взрывных работах; работа двигателей внутреннего сгорания; пылеобразование, возникающее при добыче и транспортировке полезного ископаемого и пустых пород. Температура, влажность и атмосферное давление в шахте обычно возрастают.

3 Про микроклимат.

Среднее физическое состояние воздушной среды в горных выработках определяет их **микроклимат**, который зависит от (t°), влажности, скорости движения воздуха, его давления. Эти параметры в разных местах шахты различны.

В выработках, расположенных вблизи воздухоподающих стволов, они близки к поверхностным, а по мере удаления от стволов на параметры все большее влияние оказывают шахтные условия. Происходят теплообменные и влагообменные процессы, приводящие к формированию собственного микроклимата в горных выработках.

Микроклимат влияет на физиологию и гигиену труда подземных рабочих. Переохлаждение тела при низкой (t) воздуха ведет к простудам, а задержка отдачи тепла человеческим организмом при высокой (t) воздуха ведет к перегреву и тепловому стрессу, снижению производительности труда, травматизму, а порой и к заболеваниям. Высокая влажность воздуха нарушает процесс испарения пота у человека и также снижает теплоотдачу организма.

Микроклимат, при котором терморегуляция человеческого организма протекает оптимально, называется **комфортным**. Главным средством создания комфортного микроклимата является хорошая вентиляция. Поэтому в действующих Правилах по обеспечению промышленной безопасности при разработке соляных месторождений Республики Беларусь (ППБ) строго регламентированы скорости движения воздуха (минимальные и максимальные) во всех подземных выработках и стволах. ППБ требуют также чтобы (t) воздуха во всех выработках шахты не превышала $26^\circ C$ (если более 26° , то требуется принимать меры по ее снижению или улучшению микроклимата на рабочих местах). Для предупреждения обмерзания стволов и других выработок поступающий в шахту воздух должен подогреваться до (t°) не менее $t + 2^\circ C$.

Согласно ППБ в воздухе соляных шахт в местах возможного нахождения людей требуется следующий состав воздуха:

– O_2 не менее 20 % по объему;

– CO_2 на рабочих местах не более 0,5 %; в общешахтной исходящей струе воздуха – не более 0,75 %; при проведении и восстановлению выработок по завалу – не более 1,0 %.

5.5 Метан и его свойства, виды выделения

Метан (CH_4) – газ без вкуса, цвета, запаха. Почти в 2 раза легче воздуха (его плотность по отношению к воздуху равна 0,55). В небольших количествах метан безвреден. Но повышение его содержания в воздухе опасно из-за уменьшения содержания кислорода, вытесняемого метаном. При содержании в воздухе 50-80 % метана и нормальном содержании кислорода он вызывает сильную головную боль и сонливость.

Главная опасность метана состоит в том, что он с воздухом создает горючие и взрывчатые смеси.

Температура воспламенения метана 650-750°C. Она зависит от содержания CH_4 в воздухе, состава и давления воздуха, а также источника воспламенения. При содержании метана в воздухе до 5 % он горит около источника тепла, 5-14 % взрывается, более 14 % не горит и не взрывается, но может гореть у источника тепла при притоке кислорода извне. Сила взрыва зависит от количества участвующего в нем метана. Взрыв имеет максимальную силу при содержании в воздухе 9,5 % CH_4 . При большем содержании часть его остается несгоревшей из-за недостатка кислорода. Наиболее легко взрывается метано-воздушная смесь, содержащая 7-8 % метана.

Воспламенение метана происходит через некоторое время после возникновения контакта с источником тепла. Это время называется индукционным периодом, его продолжительность быстро уменьшается при повышении температуры воспламенения и незначительно увеличивается при увеличении содержания CH_4 в воздухе (диапазон этого периода колеблется от 0,039 сек при содержании CH_4 6 % и температуре воспламенения 1075°C до 1,64 сек при содержании CH_4 12 % и температуре воспламенения 775°).

В шахтах метан выделяется с обнаженных поверхностей метано-содержащих пород, угля и руды, из отбитого угля и руды, из выработанного пространства.

Различают следующие виды выделения метана в шахтах.

1 Обыкновенное выделение, оно происходит с обнаженных поверхностей угля, руды, породы через мелкие (невидимые) трещины и возрастает с увеличением газоносности и газопроницаемости полезного ископаемого и пород.

Газовыделения также наблюдаются из отбитого угля (руды) при отделении из массива и погрузке, но их газоносность небольшая.

2 Суфлярное выделение, когда метан выделяется из крупных (видимых) трещин и пустот в горном массиве. Их дебит может достигать десятков тысяч м³ в сутки, а продолжительность действия – нескольких лет. Они опасны неожиданностью своего проявления. Часто встречаются в зонах геологических нарушений.

3 Внезапные выбросы, при которых из пласта в выработку за короткое время выделяется большое количество газа и выбрасывается большое количество угольной (рудной), а иногда и породной мелочи. В пласте и кровле образуются пустоты больших размеров. Количество выделяемого СН₄ достигает 150 тыс. м³ и более, а горной массы – 15,5 тыс. т. Внезапные выбросы чаще происходят при пересечении зон геологических нарушений и на больших глубинах, где развивается высокое горное давление.

5.6 Газовый и пылевой режимы в подземных выработках. Установление категории угольных шахт по газу

Газовый режим

Из всех встречающихся в шахтной атмосфере газов наибольшую опасность в большинстве случаев представляет метан (СН₄) с небольшой примесью других углеводородов, так как он в смеси с воздухом горит, а при концентрации 5-14 % взрывается (смотри раздел 5.5.).

Взрыв газа представляет большую опасность для людей и всей шахты в целом, поэтому на шахтах, в которых наблюдается выделение метана, устанавливается специальный газовый режим, предусматривающий ряд требований, направленных на обеспечение безопасности работ.

Эти требования, в основном, сводятся к снижению содержания метана в воздухе и к исключению возможности воспламенения газа. Поэтому в шахты, опасные по газу (газовые шахты), подается значительно больше воздуха, чем в негазовые.

При повышении содержания метана в выработке до предельно-допустимой концентрации (ПДК) необходимо прекратить работу, удалить всех рабочих из забоя и выключить электрический ток; работы в этой выработке могут быть возобновлены только после соответствующего проветривания и снижения содержания метана до установленных норм.

Для определения процентного содержания метана применяют *специальные газоопределители и шахтные интерферометры*.

Для предотвращения воспламенения метана в газовых шахтах запрещено применение открытого огня; категорически запрещается курение; применяют взрывобезопасное оборудование. Кроме того, в газовых шахтах введены особые требования при ведении взрывных работ.

Пылевой режим

При работе горных машин, транспортировании, перегрузках часть добытой руды измельчается и превращается в пыль, взвешенную в воздухе.

Наличие пыли ухудшает санитарно-гигиенические условия труда, так как при вдыхании пыль попадает в легкие. Это может привести к серьезным заболеваниям дыхательных путей.

Пыль осаждается на машинах и механизмах, вызывает их коррозию. Коррозирующее действие соляной пыли особенно активно проявляется при повышенной влажности воздуха. Металлические конструкции покрываются ржавчиной и постепенно разъедаются ею; бетон и железобетон расслаиваются и разрушаются.

Кроме того, например, угольная пыль в зависимости от ее количества, взвешенного в воздухе, может обладать взрывчатыми свойствами. Взрывчатые свойства угольной пыли зависят как от ее свойств, так и от количества пыли, взвешенной в воздухе. Пыль является взрывчатой при содержании ее от 30-40 до 1500-2000 г на 1 м³ воздуха. Во взрыве принимает участие вся пыль, начиная от мельчайшей (до 0,75-1 мм в поперечнике). Носителем взрывчатых свойств является только тонкая, бархатистая на ощупь пыль, с размерами частиц менее 0,1 мм.

При проходке выработок санитарная норма породной пыли в воздухе, содержащей более 10 % свободного кремнезема (SiO_2), составляет 2 мг/м³, для пыли других минералов она выше, но не более 10 мг/м³.

Для Старобинского месторождения «Правилами по обеспечению промышленной безопасности ...» установлены ПДК пыли в воздухе на рабочих местах (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Предельно-допустимые концентрации пыли (ПДК) в воздухе на рабочих местах

Наименование пыли	Максимально-разовая ПДК, мг/м³
Пыль сильвинита	5
Пыль полиминеральной калийной руды с содержанием содержанием SiO_2 до 10 %	5
Пыль натрия хлорида	5
Пыль минералов, содержащая до 10 % свободной SiO_2	4
Пыль минералов, содержащая от 10 % до 70 % свободной SiO_2	2
Пыль цемента, глин, минералов и их примесей, не содержащая свободной SiO_2	6

С учетом большой опасности, которую представляет пыль для людей, на шахтах и рудниках существует пылевой режим, который предусматривает мероприятия по борьбе с запыленностью воздуха, включающие, в основном:

1 – проветривание выработок в процессе их проведения вентиляторами местного проветривания (ВМП);

2 – установку на проходческих комбайнах пылеотсасывающих вентиляторов;

3 – бурение шпуров с промывкой водой или водой с добавкой специальных смачивателей;

4 – сухое пылеулавливание при бурении шпуров, разгрузке вагонеток в опрокидывателях и др.;

5 – орошение (увлажнение пыли) мест интенсивного пылеобразования;

6 – нагнетание воды в массив угля перед его выемкой.

Установление категории угольных шахт по газу

Выделение метана в газовых шахтах изменяется в широких пределах, поэтому все газовые шахты, в том числе и угольные, по газообильности разделяются на четыре категории (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Категории шахт по газообильности

Категория шахты	Выделение метана на 1 т среднесуточной добычи, м³
I	до 5
II	5-10
III	10-15
Сверхкатегория	более 15

Для разбавления выделяющегося метана до установленной нормы в шахты необходимо подавать воздух в количестве, приведенном в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Необходимое количество воздуха для разбавления метана

Категория шахты	Количество воздуха на 1 т среднесуточной добычи, м³
I	не менее 1,0
II	1,25
III	1,50

В шахтах сверхкатегорных по газу необходимое количество воздуха рассчитывают для каждого отдельного случая, исходя из действительного количества выделяющегося метана, с тем чтобы его содержание в общей

исходящей струе шахты не превышало 0,75 % и вместе с тем составляло не менее 1,5 м³/мин на 1 т среднесуточной добычи.

На рудниках Старобинского месторождения «Правилами по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений РБ» установлены предельно-допустимые концентрации (ПДК) метана в атмосфере подземных выработок (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Предельно-допустимые концентрации метана

Место обнаружения метана	Предельно-допустимая концентрация метана	
	в % по объему	в % НКПР
Исходящая струя из очистной или тупиковой выработки, камеры, выемочного участка	1,0	20
Местные скопления метана в очистных, тупиковых и других выработках	1,0	20

Примечание – Содержание метана в % НКПР определяется по формуле:

$$НКПР = \frac{100 \cdot C}{C(h)}, \%, \quad (5.1)$$

где НКПР – нижний концентрационный предел, %;

C – содержание метана в объемных долях, %;

C(h) – НКПР горючего компонента, % (константа), для метана C(h) = 5 %.

5.7 Порядок отнесения соляных рудников к опасным по газу. Дополнительные требования для рудников, опасных по газу

В соответствии с «Правилами по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь» (п. 167) рудники при разработке соляных месторождений подразделяются на газовые, в которых выделяются метан, тяжелые углеводородные газы (бутан, этан, пропан и др.), водород, примеси природных ядовитых газов и негазовые.

К рудникам, опасным по газу, относятся такие, в которых хотя бы на одном пласте (залежи) обнаружен метан, водород, сероводород.

Рудники, в которых обнаружен метан, водород или сероводород должны переводиться на газовый режим (п. 168).

Отнесение соляных рудников к опасным по газу на Старобинском месторождении проводится ежегодно совместным приказом Госпромнадзора и ОАО «Беларуськалий».

На пластах и горизонтах, отнесенных к опасным по газу, газовый режим вводится в тупиковых выработках, в лавах при столбовой системе разработки с обрушением кровли, в панельных и главных вентиляционных выработках (до околоствольного двора) с исходящей из лав струей воздуха, при бурении скважин.

Для указанных выше выработок и лав разрабатываются дополнительные требования по ведению горных работ.

Основные дополнительные требования заключаются в следующем:

– содержание метана в атмосфере подземных выработок не должно превышать ПДК 1 % по объему;

– при обнаружении в атмосфере выработки метана в концентрации, превышающей предельно допустимую, должны быть прекращены все работы (по добыче руды, бурению скважин и др.), снято напряжение с электрооборудования (кроме вентиляторов местного проветривания), выведены рабочие из забоев (рабочих мест) в выработки со свежей струей воздуха, поставлены в известность руководитель смены, диспетчер рудника и приняты меры по увеличению подачи свежего воздуха с целью снижения концентрации метана;

– все случаи загазования выработок выше предельно допустимых концентраций должны расследоваться комиссией в составе начальника подземного горного участка, начальника подземного участка вентиляции (ПУВ), геолога горного участка и представителя инспекции Госпромнадзора с составлением акта обследования;

– в случае остановки главной (вспомогательной) вентиляторной установки или нарушения вентиляции необходимо немедленно прекратить работы на участках, отключить электроэнергию и вывести работников в выработки со свежей струей воздуха. При остановке главной (вспомогательной) вентиляторной установки более 30 минут дальнейшие действия определяются планом ликвидации аварий. Возобновление работ может быть разрешено руководителем смены после восстановления проветривания и при содержании метана в очистных и тупиковых выработках, не превышающем предельно-допустимых концентраций (ПДК). Включение электрических машин, аппаратов и возобновление работ разрешается только после восстановления нормального режима вентиляции и замера содержания метана руководителем смены или бригадиром возле мест установки электрических машин и аппаратов, питающих забойное оборудование и в местах производства работ;

– недействующие выработки, имеющие связь с выработанным пространством, должны быть изолированы сплошными перемычками в соответствии с паспортом. Возобновление работ в этих выработках возможно только после вскрытия сплошных перемычек, изолирующих недействующие

выработки и выработанное пространство. Вскрытие сплошных перемычек и замеры в выработках концентрации метана выполняются работниками военизированного горноспасательного отряда (ВГСО). При обнаружении в этих выработках метана в концентрации 1 % и более, разгазование их должно осуществляться с соблюдением требований «Правил по обеспечению промышленной безопасности ...»;

– мероприятия по безопасному разгазованию выработок разрабатываются начальником подземного горного участка, согласовываются с начальником подземного участка вентиляции (ПУВ), утверждаются главным инженером рудника и согласовываются с инспекцией Госпромнадзора в течение суток;

– разгазование выработок должно производиться под руководством начальника подземного горного участка или его заместителя в присутствии представителя ПУВ;

– горные работы на участках шахтного поля в зонах, опасных по скоплению горючих газов, ведутся в соответствии с требованиями Инструкции о порядке ведения горных работ вблизи и при вскрытии выработок, опасных по скоплению горючих газов, утверждаемой организацией;

– плановый отбор проб воздуха должен производиться работниками ВГСО в присутствии представителя ПУВ в соответствии с инструкцией о порядке отбора и анализа проб рудничного воздуха, утверждаемой организацией. Места и сроки отбора проб устанавливаются ежеквартальным планом, утвержденным главным инженером рудника.

В полном объеме дополнительные требования содержатся в «Правилах по обеспечению промышленной безопасности ...».

5.8 Подземный транспорт и его виды

Подземный транспорт – это сложная разветвленная система, предназначенная для транспортирования:

– полезного ископаемого от забоев до околоствольного двора (или до поверхности, если ствол наклонный и оборудован конвейером);

– породы от забоев подготовительных выработок до околоствольного двора (или до поверхности, если ствол наклонный и оснащен конвейером);

– материалов и оборудования от околоствольного двора до забоев и других рабочих мест и обратно;

– людей к месту работы и обратно;

– складочных материалов до мест закладки.

Транспорт, предназначенный для транспортирования добытого полезного ископаемого называется **основным**, а других грузов и людей – **вспомогательным**.

Совокупность транспортных средств, размещенных в выработках, расположенных в пределах выемочной панели или другого выемочного участка (кроме средств доставки), называется **участковым транспортом**.

Совокупность транспортных средств, размещенных в главных (магистральных) выработках шахты, по которым транспортируются все виды грузов между участками и околоствольными дворами, называется **магистральным транспортом**.

Подземный транспорт условно можно разделить на два вида:

- прерывный;
- непрерывный (поточного действия).

К *прерывному* относятся электровозный транспорт, который пока еще широко применяется на угольных шахтах для откатки грузов по горизонтальным и наклонным выработкам, а также самоходный транспорт.

Электровозная откатка может быть *однозвеньеовой и двухзвеньеовой*.

При однозвеньеовой откатке груженные вагонетки от погрузочного пункта к околоствольному двору доставляются одними и теми же электровозами главной откатки.

При двухзвеньеовой откатке груженные вагонетки от погрузочных пунктов к сборной разминровке доставляются одним электровозом, а от сборной разминровки к околоствольному двору – другим (магистральная откатка).

На Старобинском месторождении к прерывному транспорту можно отнести самоходные вагоны типа ВС-15М, используемые для отвоза руды от проходческо-очистных комбайнов при проходке горных выработок, а также по очистным ходкам при камерной системе разработки. К этому виду транспорта относится и самоходный транспорт (автомобили и гусеничные машины), служащий для перевозки людей и грузов, выполнения ремонтно-вспомогательных работ.

На действующих и строящихся рудниках ОАО «Беларуськалий» перевозка работников обязательна, если расстояние до места работ составляет 1 км и более. Для доставки людей к месту работы используются машины германской фирмы «Паус», машины белорусского производства типа «Минка-26» и типа «МТ-353». Для дежурства на горизонтах, оказания скорой медицинской помощи и перевозки взрывчатых материалов используются автомашины типа «Мини-минка». Для доставки материалов и оборудования используются трактора различных марок. Доставка тяжелого оборудования от околоствольного двора на панели и лавы осуществляется гусеничными тракторами типа ТДТ-40, ДТ-55. Доставка крепежных материалов, горюче-смазочных материалов, эмульсии, запасных частей производится тракторами МТЗ-80, МТЗ-572, Т-40 и другими видами транспорта. Для зачистки выработок используются бульдозеры, для поливки выработок водой – машина МТ-353.

Для доставки крупногабаритных и длинномерных грузов, перемонтажа оборудования механизированных комплексов используют погрузочно-доставочные машины типа ПГТ (ПСТ)-10 (12), PEL-18. Имеется дежурный пожарный автомобиль «Мини-минка».

К *непрерывному* виду транспорта относится конвейерный и гидротранспорт. В настоящее время все более широкое применение находит конвейерный транспорт, который обеспечивает более ритмичную работу высокопроизводительных механизированных очистных забоев (лав).

В лавах и на приемных от лав пунктах транспортировка полезного ископаемого обычно ведется скребковыми конвейерами, а затем панельными и магистральными ленточными конвейерами.

На рудниках ОАО «Беларуськалий» в лавах используются скребковые конвейеры СПЗ-1-228 и ЕКФ-3, которые осуществляют перегрузку руды на периодически перемещающиеся по мере подвигания очистного забоя штрековые конвейеры СПШ-1-228.

Транспортирование руды по панельным и магистральным выработкам ведется ленточными конвейерами КЛШ-1-1000 и КЛТ-1000.

РАЗДЕЛ 6 СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ И ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

6.1 Классификация систем разработки калийных месторождений

Системой разработки принято называть определенный порядок ведения подготовительных и очистных работ в пределах участка шахтного поля, увязанный в пространстве и времени.

При разработке пластовых месторождений применяют следующие системы разработки:

- столбовую;
- сплошную;
- камерную;
- комбинированную.

На калийных месторождениях применяются, в основном, камерная и столбовая системы разработки.

На Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей отработку сильвинитовых пластов *АВ* и Красный *П*, а также карналлитового пласта *В* ведут камерной системой разработки с оставлением междукамерных целиков.

Данная система разработки разделена на два класса:

- с оставлением жестких целиков;
- с оставлением податливых целиков.

Основными параметрами камерной системы разработки являются ширина и высота очистной камеры, размеры междукамерного и междуходового целика, длина камеры. Все указанные параметры определяются, в основном, горно-геологическими и горнотехническими условиями, а также типом очистного комбайна и используемыми транспортными средствами для доставки руды от очистного комбайна до места ее разгрузки. В силу широкого диапазона горно-геологических условий ширина камеры (очистного хода) изменяется от 9 до 18 м при длине 150-200 м, а ширина целиков от 3 до 18 м.

Выработанное пространство камер закладывается отходами обогащения, подаваемыми с поверхности гидравлическим способом, а также породой от проходки подготовительных выработок. Применение закладки вызвано недостаточной мощностью водозащитной толщи.

На Эльзасском месторождении (Германия) наряду с камерной системой применяется и столбовая система разработки с обрушением кровли.

Системы разработки на Старобинском калийном месторождении можно классифицировать следующим образом:

- камерная;
- комбинированная;

– столбовая.

В **камерной системе** разработки можно выделить два класса:

– с оставлением жестких целиков (междуходовых – 3 м и междукамерных 5-6 м) при ширине и высоте очистных ходов 3 м;

– с оставлением податливых целиков шириной 1,2-2,0 м при ширине очистных ходов 4,1 м и высоте 2,1-2,6 м.

Комбинированная система получила свое название вследствие того, что верхний и нижний слои Третьего пласта отрабатывались различными системами. Верхний 4 сильвинитовый слой – столбовой системой, а нижний (слои 2, 2-3, 3) слой – камерной системой под защитой межслоевой пачки соли III-IV и с подготовкой панелей по панельной и панельно-блоковой схемам.

При столбовой системе разработки выделено десять классов технологических схем (смотри [3]). В основу классификации положены следующие признаки:

– способ выемки в лаве (валовый, селективный, частично селективный, слоевой);

– количество отрабатываемых лавой сильвинитовых слоев (от одного до трех);

– подготовка лав (общая или отдельная);

– способ управления кровлей в лаве (полное обрушение или частичная закладка).

6.2 Особенности разработки калийных месторождений

Основной особенностью разработки калийных месторождений является недопустимость проникновения воды в подземное пространство рудников.

Вода может проникнуть в рудник:

– через трещины в тектонических нарушениях;

– через трещины, возникающие в результате движения покровных пород при очистных работах;

– через карстовые полости, заполненные водой;

– по вертикальным выработкам при неплотности крепи или ее разрушении, а также по закрепному пространству.

При проникновении воды в рудник возникает опасность его затопления. Особенно опасно проникновение пресных вод или слабых рассолов из вышележащих водоносных горизонтов через трещины, возникающие в результате ведения очистных работ, а также при пересечении выработкой тектонических трещин, связанных с обводненными горизонтами. При ведении очистных работ возникает сдвигание покрывающих пород. При раздавливании целиков или при ведении выемки без оставления целиков породы кровли

оседают. Если оседание кровли происходит плавно, без нарушения сплошности и образования трещин, опасности проникновения воды в выработки не возникает. Эта опасность отсутствует и в том случае, если мощность и пластичность покрывающих водонепроницаемых пород (водозащитной толщи) настолько велика, что зона обрушения и образования трещин не распространяется на всю их толщу и остается ненарушенный достаточно мощный массив, чтобы изолировать залежь от вышележащих водоносных горизонтов.

В связи с изложенным на калийных рудниках применяют, в основном, камерную систему разработки, при которой оставляют целики, предотвращающие опасные деформации подработанной толщи.

Отработка Старобинского месторождения также начиналась с камерной системы, при которой были достигнуты высокие технико-экономические показатели по производительности труда забойных рабочих и себестоимости 1 т руды по добычному участку. В то же время содержание КСЛ в добываемой руде составляло всего 24-25 % (в сильвинитовых слоях 35-50 %), а уровень потерь в целиках достигал 55-70 %. В связи с этим на Старобинском месторождении был проведен комплекс научно-исследовательских работ, в результате которых в мощность водозащитной толщи кроме покровной каменной соли была включена нижняя часть глинисто-мергелистой толщи. Это позволило применять для отработки калийных пластов принципиально новую для калийных месторождений столбовую систему разработки пластов длинными очистными забоями (лавами) с обрушением кровли аналогично пологим угольным пластам. В настоящее время столбовая система является **основной системой разработки** на Старобинском месторождении, так как позволяет при высокой производительности увеличить качество добываемой руды и существенно снизить потери ее в недрах.

К особенностям разработки калийных пластов на Старобинском месторождении можно отнести:

– наличие в разрабатываемых пластах и вмещающих породах природных газов, в состав которых входят метан, тяжелые углеводороды, азот и другие;

– происходящие при отработке Третьего калийного пласта газодинамические явления (ГДЯ) в виде:

а) внезапных выбросов соли и газа;

б) обрушений пород кровли, сопровождающихся газовыделениями;

в) отжима призабойной части пород, сопровождающегося звуковыми эффектами, иногда разрушением и выносом разрушенной породы в выработку.

– динамические обрушения кровли в нижних лавах при слоевой выемке Третьего калийного пласта с посадкой «на жестко» и разрушением забойной механизированной крепи.

В настоящее время для предотвращения таких явлений разработаны мероприятия, включающие:

- разупрочнение кровли с помощью БВР;
- создание проходческими комбайнами по контуру выемочного столба до его отработки лавой «зон смягчения»;
- переход на бесцеликовую отработку панелей или на их отработку с оставлением целиков минимальных (не более 10 м) размеров;
- повышение несущей способности забойной крепи до 600-700 кН/м² вместо 400 кН/м²;
- регулирование скорости подвигания нижней лавы. На основе данных, получаемых от автоматизированных систем мониторинга горного давления (СМГД).

6.3 Камерная система разработки калийных месторождений с оставлением жестких и податливых целиков и комбайновым способом выемки

Камерная система разработки – это система с коротким (3,0-8,0 м по ширине) очистным забоем, движущимся в направлении от конвейерного (транспортного) штрека к вентиляционному. Образующуюся в процессе выемки полезного ископаемого камеру длиной 150-200 м при устойчивых породах кровли не крепят, а при менее устойчивых крепят анкерами. Охранные целики для управления кровлей оставляются шириной, примерно равной вынимаемой мощности пласта.

Расположение камер возможно под любым углом к линии простирания пласта в зависимости от схемы отработки шахтного поля и средств транспортирования. Систему применяют на пластах средней мощности с углом падения до 10°.

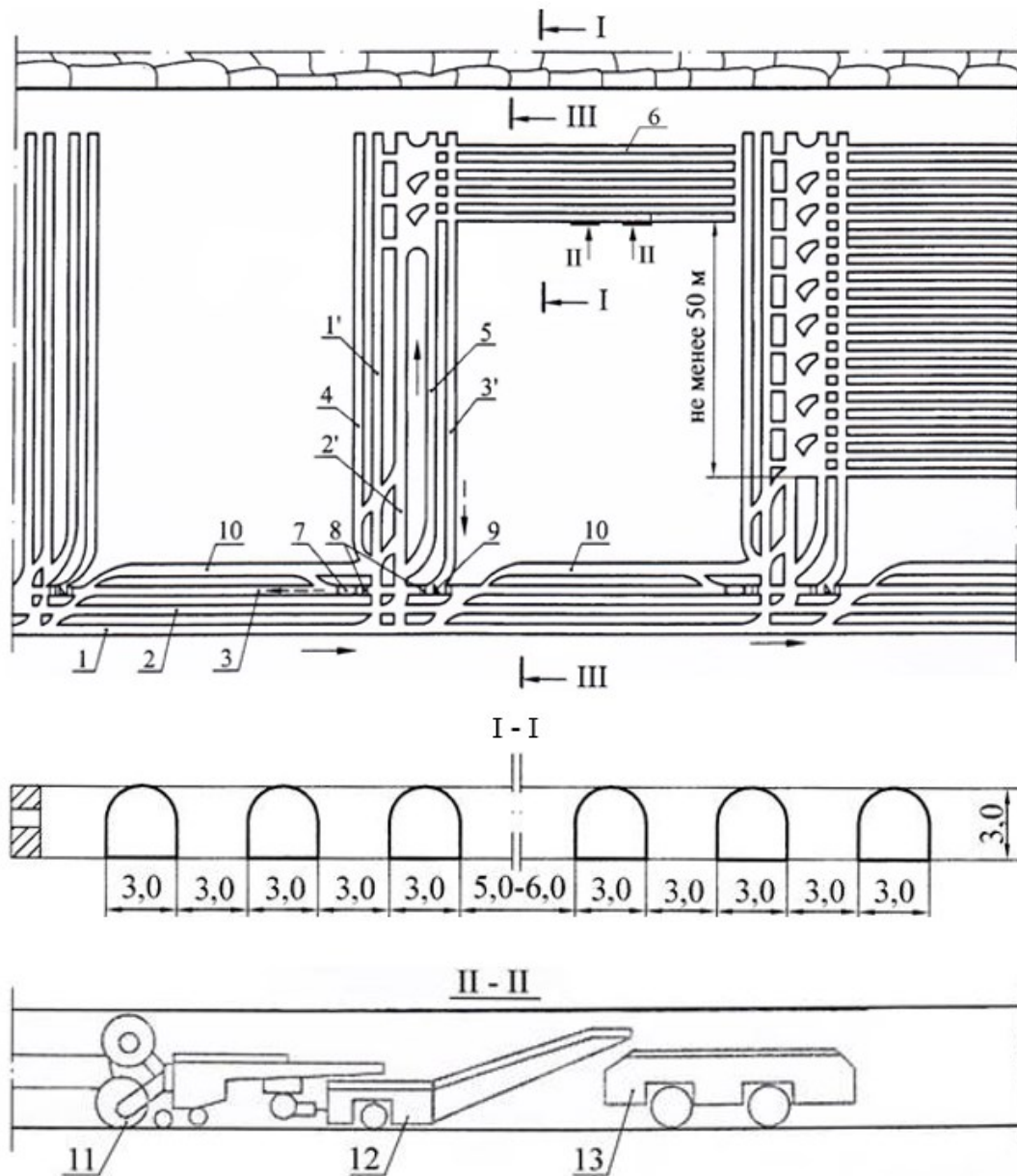
К основному достоинству системы разработки относится возможность применения как для очистных работ, так и для проведения подготовительных выработок одного и того же комплекса оборудования, а к основному недостатку следует отнести значительные потери полезного ископаемого в целиках, а также высокие температура и запыленность воздуха из-за ведения очистных работ в тупиковом забое.

Для отработки калийных пластов Старобинского месторождения применяются два варианта камерной системы:

- с оставлением жестких целиков;
- с оставлением податливых целиков.

Вариант камерной системы разработки с оставлением жестких целиков (рисунок 6.1) предусматривает оставление в выработанном пространстве

целиков высокой несущей способности (от 3,0 до 5,0-6,0 м), в результате чего они не разрушаются под влиянием горного давления в зоне ведения очистных работ. В качестве добычного оборудования используются проходческо-очистные комплексы в составе комбайна КРП-3 или ПКС-8, бункера-перегрузателя БП-14М и самоходного вагона ВС-17 и 5ВС-15М. Этот вариант может применяться на всех без исключения участках месторождения.



1, 2, 3 – панельные (конвейерный, транспортный и вентиляционный) штреки;
 1', 2', 3' – блокные (конвейерный, транспортный и вентиляционный) штреки;
 4 – разгружающая выработка; 5 – стартовый штрек; 6 – очистные камеры;
 7 – полукроссинги; 8 – вентиляционные перемычки; 9 – вентиляционные
 восстающие; 10 – выработки складирования породы; 11 – проходческо-очистной
 комбайн ПКС-8; 12 – бункер-перегрузатель; 13 – самоходный вагон

Рисунок 6.1 – Камерная система разработки с жесткими целиками и выемкой руды комбайнами ПКС-8, КРП-3

Вариант камерной системы разработки плавным опусканием кровли на податливых целиках шириной 1,2-2,0 м (рисунок 6.2) предполагает такой характер деформирования очистной выработки, при которой обеспечивается ее безопасное состояние лишь в течение заданного периода времени, по истечении которого податливые целики, набрав критические деформации, разрушаются. При высоких скоростях деформирования очистных выработок, которые имеют место при податливых целиках, очистные выработки быстро уменьшаются в сечении, поэтому для возможности своевременного отгона комбайна из очистного хода он должен иметь регулируемый по высоте исполнительный орган. Таким исполнительным органом оснащен комбайн Урал-10КС.

III – III (на плане рисунка 6.1)

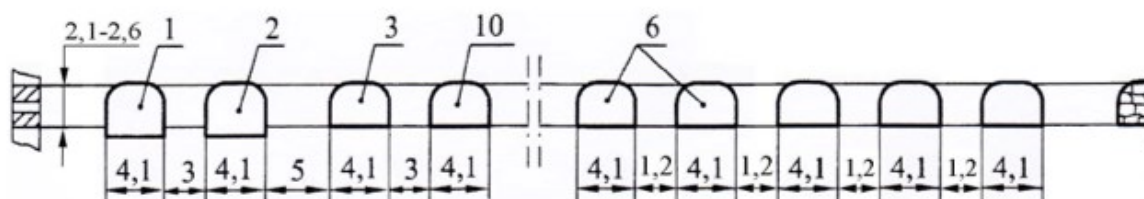


Рисунок 6.2 – Камерная система разработки с податливыми целиками и выемкой руды комбайном Урал-10КС

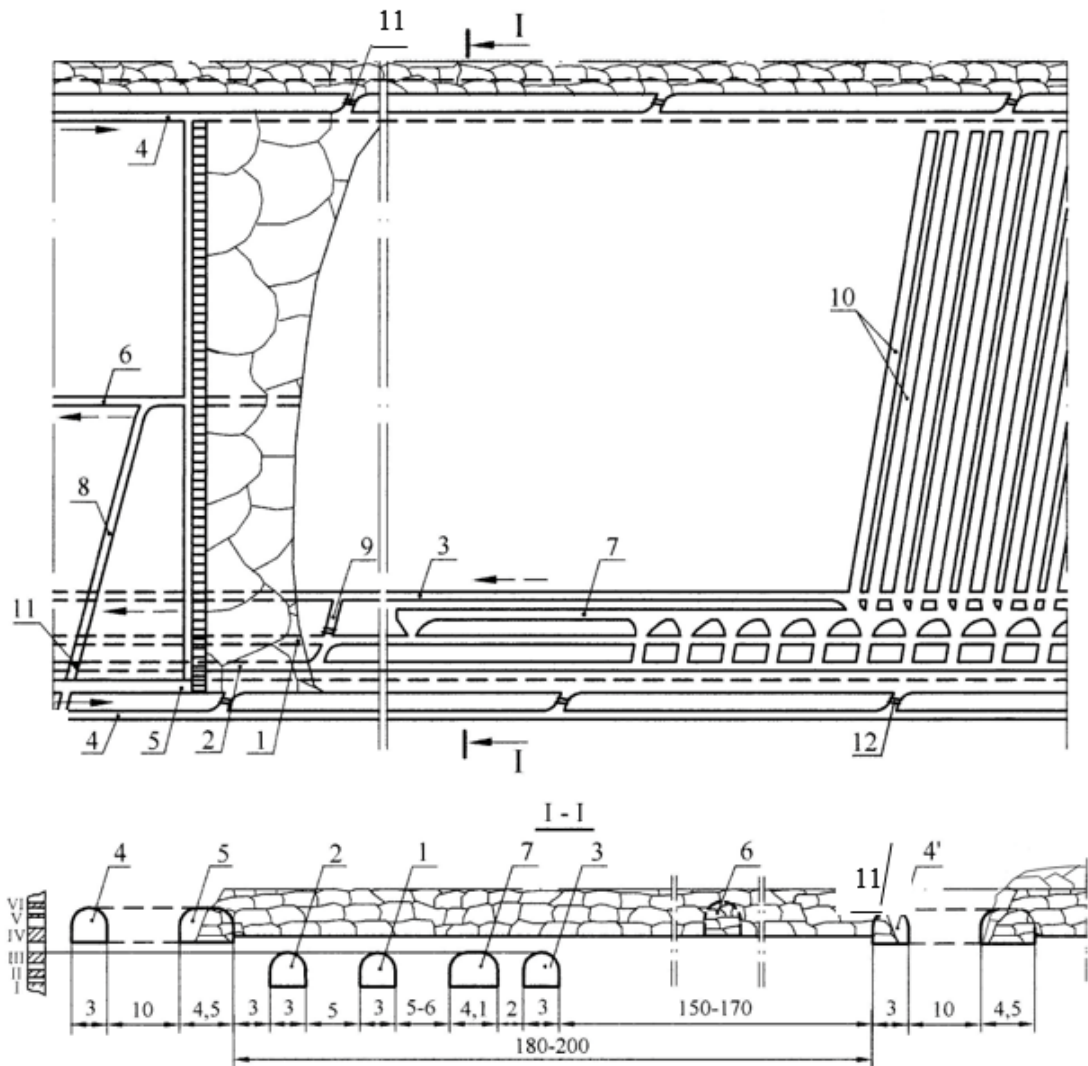
Вариант камерной системы разработки на податливых целиках позволяет достичь высокого (до 65-70 %) извлечения запасов из недр, однако отличается сложностью поддержания подготовительных выработок в зоне влияния очистных работ. Он может применяться на большинстве участков месторождения, где имеется достаточная мощность водозащитной толщи (ВЗТ).

В настоящее время на Старобинском месторождении камерная система разработки с жесткими и податливыми целиками применяется как вспомогательная только при отработке краевых и притектонических зон, а также в некоторых случаях (где это возможно) для отработки широких целиков между столбами, оставленными после столбовой системы.

6.4 Комбинированная система разработки Третьего калийного пласта Старобинского месторождения

Комбинированная система разработки применялась на Третьем калийном пласте. Сущность ее состоит в одновременной выемке верхнего и нижних слоев пласта в пределах панели различными системами. При этом в первую очередь разрабатывают верхний 4 сильвинитовый слой с применением столбовой системы, а затем с некоторым отставанием во времени и пространстве

разрабатываются нижние слои 2, 2-3, 3 камерной системой под защитой межслоевой пачки каменной соли 3-4, оставляемой в выработанном пространстве. Ввиду отработки слоев пласта разными системами она получила название – **комбинированная**. Так же как и при столбовой системе разработки, при комбинированной системе применялся панельный способ подготовки шахтного поля с длиной панелей 1,8-2,5 км (рисунок 6.3).



- 1, 2, 3 – панельные транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки надрабатываемые лавой; 4, 5, 6 – транспортный, конвейерный и вентиляционный штреки лавы; 7 – стартовый штрек, 8, 9 – вспомогательные выработки; 10 – очистные ходки (камеры); 11 – изолирующие вентиляционные перемычки

Рисунок 6.3 – Комбинированная система разработки

В отличие от блоковой схемы отработки нижних слоев камерной системой (смотри рисунок 6.1) при панельной схеме не требуется проведения блоковых выработок.

Подготовка панели начинается с проведения в нижних слоях панельных (транспортного 1, конвейерного 2 и вентиляционного 3) штреков, которые располагаются в пределах выемочного столба лавы. По мере проведения панельных выработок проходятся выемочные (транспортный 4, конвейерный 5 и вентиляционный 6) штреки лавы по 4 сильвинитовому слою с использованием вспомогательных выработок 8.

Очистная выемка нижних слоев камерной системой ведется с отставанием от очистных работ в верхнем слое не менее 150 м. Для выемки нижнего слоя используются два проходческо-очистных комплекса с комбайнами Урал-10КС. Один комбайн проводит участками стартовый штрек 7 между панельными транспортным 1 и вентиляционным 3 штреками и разделяет камеры разворота, а другой комбайн ведет очистную выемку с расположением очистных ходов перпендикулярно или под углом к продольной оси панели.

Комбинированная система разработки применялась только на руднике 1 РУ и в настоящее время она на месторождении не применяется. В перспективе планируется использовать ее для отработки отдельных участков ограниченных размеров на руднике 4 РУ и на Петриковском месторождении.

6.5 Столбовая система разработки пластовых месторождений

Столбовая система разработки предполагает разделение в пространстве и во времени очистных и подготовительных работ. При классическом варианте столбовой системы подготовка панели ведется до начала очистной выемки от капитальных (магистральных) выработок до границы шахтного поля или до границы панели. После монтажа механизированного комплекса в монтажном штреке, пройденном на границе панели, начинается отработка выемочного столба в обратном порядке, то есть в направлении к капитальным выработкам с погашением всех подготовительных выработок вслед за лавой.

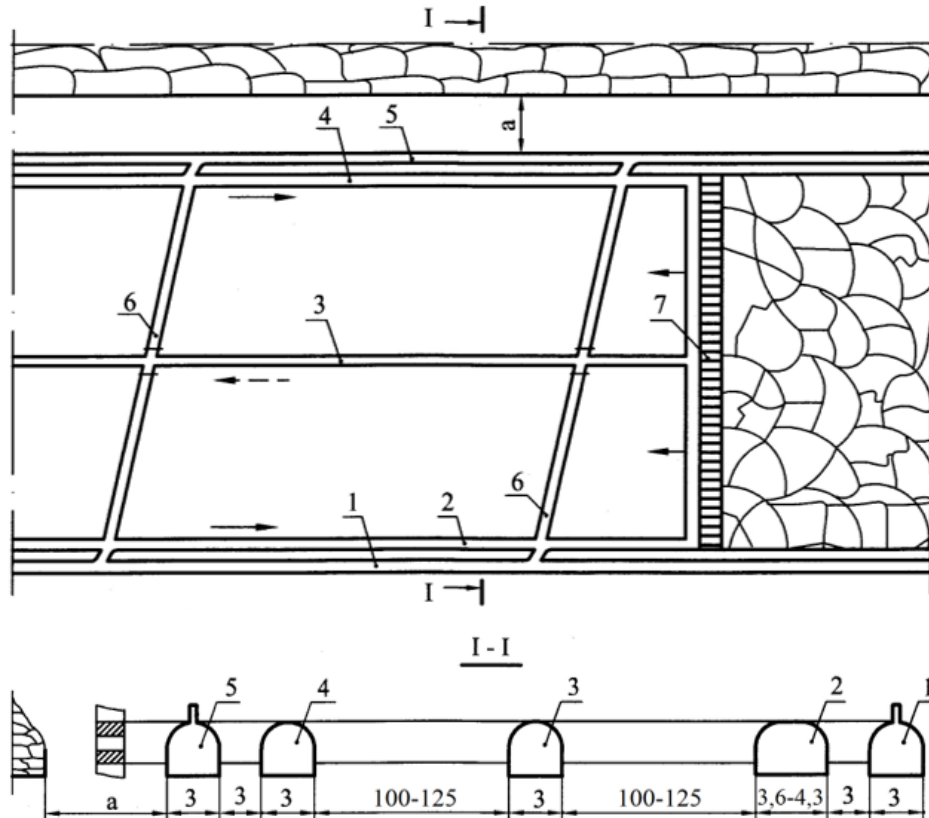
Столбовая система применяется при любых углах падения пластов. Она дает наиболее высокие показатели на пластах мощностью от 1,2 м до 3,5 м и хорошие показатели при разработке пластов мощностью от 0,7 м до 2,0 м.

При меньшей мощности пласта подготовительные выработки проводят с подрывкой боковых пород, поэтому в этом случае выгодно применять сплошную систему разработки. При этой системе породу от подрывки можно размещать в бутовые полосы для улучшения условий поддержания подготовительных выработок, которые не погашаются вслед за подвигаем лавы.

При разработке мощных пластов (свыше 3,5 м) целесообразнее переходить на слоевую выемку.

На Старобинском месторождении столбовая система является основной для отработки всех калийных пластов.

На рисунке 6.4 показан один из вариантов этой системы, который применяется при отработке Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта двухкомбайновой лавой. Длина лавы составляет 200-250 м, а длина панели 2000-2500 м.





- 1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3, 4 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки лавы; 5 – разгружающий штрек;
 6 – вспомогательные выработки; 7 – забойная крепь;
 – сальвинит;  – галит

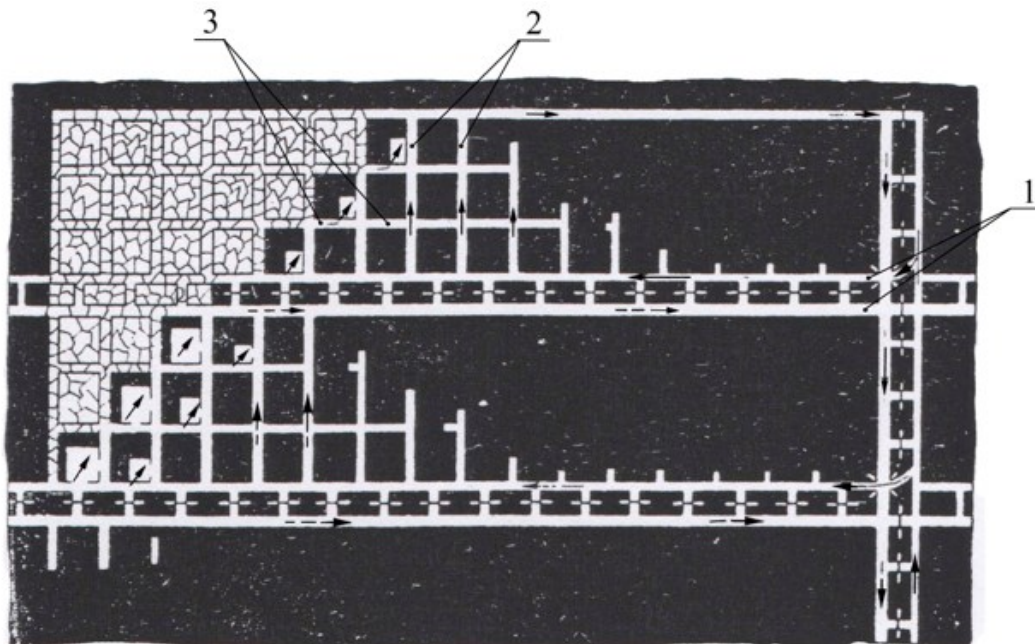
Рисунок 6.4 – Столбовая система разработки трехслойного калийного пласта Старобинского месторождения

Подробное описание подготовки панели и отработки выемочного столба содержится в разделе 7.4 данного пособия.

6.6 Системы разработки пластовых месторождений короткими столбами

Систему разработки короткими столбами применяют обычно на угольных месторождениях при горизонтальном и пологом залегании пластов средней от 1,2 до 3,5 м мощности, не выше I категории по газу и весьма слабой кровле.

При этой системе разработки (рисунок 6.5) сначала подэтажными штреками нарезаются длинные столбы по простиранию, затем печами эти столбы разрезаются на длинные столбы по восстанию и далее просеками, проводимыми между штреками, длинные столбы по восстанию разбиваются на короткие столбы, имеющие форму, близкую к квадрату со стороной 10-15 м.



1 – подэтажные штреки; 2 – печи; 3 – просеки

Рисунок 6.5 – Система разработки угольных пластов короткими столбами

Выемку столбов начинают из печей и ведут по направлению к выработанному пространству. Рабочее пространство при этом со всех сторон окружено целиками угля, что дает возможность производить работу с минимальным объемом работ по креплению. При усилении горного давления и опасности обрушения кровли выемку угля в данном столбе прекращают и переходят к выемке следующего столба. У границы с выработанным пространством приходится оставлять целики угля, что приводит к большим потерям его. Для облегчения управления кровлей выемку столбов производят так, чтобы общая линия обрушения кровли была расположена диагонально (смотри рисунок 6.5).

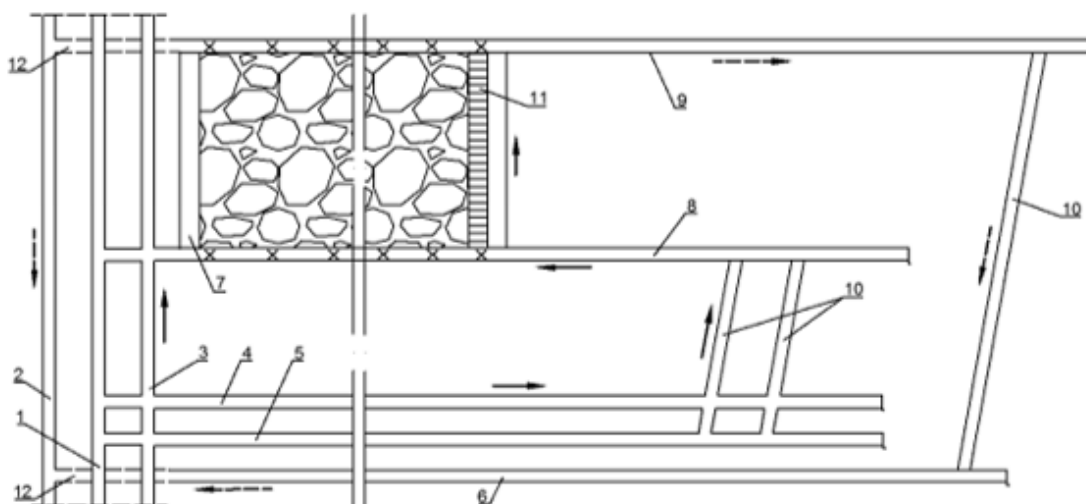
Система разработки короткими столбами имеет следующие достоинства: горное давление воспринимается столбами и целиками угля, в результате чего упрощаются работы по управлению кровлей; большое количество рабочих мест позволяет легко поддерживать добычу на постоянном высоком уровне. Неполадки при выемке какого-либо столба или при проведении печи, просека не оказывают существенного влияния на общий уровень добычи; рабочие процессы обычно легко поддаются механизации, обеспечивающей высокую производительность труда по участку.

Недостатки: большой объем нарезных работ (объем добычи из подготовительных выработок достигает 40-50 % общей добычи), трудности проветривания большого количества глухих забоев нарезных выработок.

Система разработки короткими столбами получила большое распространение в США. В странах бывшего СССР она применяется при погашении целиков и при разработке малоценных полезных ископаемых – глин, песков и тому подобное.

На Старобинском месторождении система разработки короткими столбами существенно отличается от той, которая показана на рисунке 6.5, и обычно применяется в начальной стадии отработки шахтных полей, когда необходимо ускорить ввод панелей в эксплуатацию.

На рисунке 6.6 показан вариант такой системы разработки при прямом порядке отработки панели.



- 1, 2, 3 – капитальные выработки (конвейерная, вентиляционная, транспортная);
4, 5, 6 – панельные выработки (конвейерная, транспортная, вентиляционная);
7 – монтажный штрек; 8, 9 – конвейерный и вентиляционный штреки лавы;
10 – вспомогательные выработки; 11 – очистной забой; 12 – кроссинг

Рисунок 6.6 – Технологическая схема отработки калийного пласта короткими столбами в прямом порядке

Из рисунка видно, что система характеризуется:

- значительными потерями полезного ископаемого в целике, оставляемом для охраны панельных выработок 4, 5 и 6;
- сложным возвратноточным проветриванием очистного забоя, когда свежий воздух, поступающий от капитальных выработок после проветривания очистного забоя вынужден снова возвращаться к ним в отработанном виде по длинному пути с использованием специальной вспомогательной выработки 10, пройденной на всю ширину панели.

– погашение подготовительных выработок по мере подвигания очистных забоев позволяет извлекать крепь погашаемых штреков, что очень важно при дорогостоящей металлической крепи;

– возможность предварительной дегазации отрабатываемого столба через скважины, пробуренные из подготовительных выработок.

Основные недостатки столбовой системы разработки по сравнению со сплошной:

– большой объем проведения подготовительных выработок до начала очистных работ, что увеличивает срок окупаемости капиталовложений;

– усложнение вентиляционной сети рудника (шахты) из-за более длинных подготовительных выработок.

Благодаря указанным выше преимуществам в настоящее время при разработке пластовых месторождений преимущество отдается *столбовой системе разработки*.

6.8 Основные направления совершенствования систем разработки на Старобинском месторождении

Так как на Старобинском месторождении камерная система разработки имеет ограниченную область применения, а комбинированная система в настоящее время вообще не применяется, то совершенствовалась и продолжает совершенствоваться столбовая система разработки.

Отработка калийных пластов данной системой ведется по панельной схеме подготовки с использованием технологических схем с валовой, селективной, частично-селективной и слоевой выемкой полезного ископаемого.

Основными направлениями совершенствования столбовой системы разработки являются:

1 Увеличение длины очистных забоев с 200 до 250-300 м, что позволяет уменьшить удельный объем горно-подготовительных работ (ГПР) и число подготовительно-заключительных операций, повысить качество добываемой руды по панели и производительность очистных комплексов.

2 Расширение области применения технологических схем с селективной выемкой пластов вместо валовой выемки.

Применительно к разработке калийных пластов Старобинского месторождения столбовой системой под **валовой выемкой** на полную мощность пласта понимают совместную выемку из одного очистного забоя полезного ископаемого (сильвинита) и пустой породы (галита). При этом вся смешанная руда выдается на поверхность.

Под **селективной выемкой** на полную мощность пласта понимают отдельную выемку из одного очистного забоя полезного ископаемого и пустой

породы. При этом на поверхность выдается только сильвинитовая руда, а разрушенный галит с помощью установок механической закладки (УМЗ) закладывается в выработанное пространство лавы в виде породных полос.

Селективная выемка по сравнению с валовой обладает рядом преимуществ, позволяющих:

- повысить содержание (*KCL*) в добываемой руде на 4-6 %;
- уменьшить объем добываемой руды из лавы при сохранении объема *KCL* в руде и за счет этого:

KCL в руде и за счет этого:

а) увеличить срок службы всего оборудования в цепи от лавы до выхода готовой продукции с фабрики и складирования отходов обогащения;

б) сократить расход электроэнергии на всех технологических операциях по доставке и переработке руды, а также на складировании отходов обогащения;

в) уменьшить расход реагентов при обогащении руды;

г) сократить площадь отторгаемых земель для складирования отходов обогащения и уменьшить оседание земной поверхности.

3 Переход на технологические схемы выемки калийных пластов без оставления межпанельных (межстолбовых) целиков или с оставлением целиков минимальных (не более 10 м) размеров.

Уменьшение или исключение целиков позволяет повысить извлечение сильвинита из недр с 50-70 до 80-90 % при обеспечении безопасной подработки водозащитной толщи и достигается за счет:

– проведения выработки отстающей смежной лавы позади опережающей вприсечку (с целиком 3-5 м) к выработанному пространству;

– оставления между выемочными столбами временного целика, частично вынимаемого комбайном отстающей смежной лавы одновременно с ведением очистной выемки в самой лаве;

– повторного использования выработки для отработки смежного выемочного столба.

4 Использование для очистной выемки в лавах высокопроизводительных узкозахватных комбайнов типа СЛ фирмы Айкхофф (Германия) и механизированных крепей с повышенной до 600-650 кН/м² (вместо 400 кН/м²) несущей способностью, позволяющих существенно увеличить объемы добычи руды лавой – с 80 до 150-160 тыс.т./мес.

РАЗДЕЛ 7 ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ

7.1 Способы выемки полезного ископаемого при разработке калийных и пластовых месторождений

Для выемки полезных ископаемых применяются следующие способы выемки:

- механический
- буровзрывной;
- геотехнологический;
- гидравлический.

Механический способ представляет собой отбойку полезных ископаемых с помощью исполнительных органов комбайнов, стругов, врубовых машин, бурошнековых установок.

Буровзрывной способ состоит из: бурения шпуров, заряжения их взрывчатым веществом и взрывания зарядов.

Геотехнологический способ основан на выщелачивании или растворении полезных ископаемых.

Гидравлический способ применяется только для угля и представляет собой разрушение угля струей воды высокого давления, обладающей большой кинетической энергией.

В России и Канаде практически 100 % калийных солей добывается механическим способом как при столбовой или сплошной (лавы), так и при камерной (очистные ходки) системах разработки. На Старобинском месторождении лавами добывается более 80 % объемов руды, а камеры используются только при ведении горных работ в непосредственной близости от тектонических нарушений, в краевых зонах и при выемке широких целиков.

В Германии и США более широко используется камерная система разработки с выемкой калийных солей как механическим, так и буровзрывным способами.

Выбор способа выемки зависит от горно-геологических условий (мощности пласта, угла падения, наличия геологических нарушений, складчатости и так далее), свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Не последнюю роль играют и затраты на выемку полезного ископаемого.

При выемке угля также преимущественно применяется механический способ выемки комбайнами. Его применяют как в лавах, так и в коротких очистных забоях (камерах).

Различают широкозахватную и узкозахватную выемку.

При широкозахватной выемке разрушение пласта в лаве осуществляется полосами шириной > 1 м, а при узкозахватной – ≤ 1 м. Узкозахватные комбайны при выемке калийных солей и угля перемещаются вдоль забоя по раме скребкового конвейера с помощью цепной или бесцепной системы подачи (БСП). В настоящее время применяется только узкозахватная выемка с БСП комбайна.

Разновидностью узкозахватной выемки является струговая выемка, при которой струг, двигаясь вдоль забоя, срезает стружку толщиной до 30 см.

В геотехнологическом способе выемки различают:

- естественное выщелачивание;
- искусственное выщелачивание.

Процесс естественного выщелачивания представляет собой выщелачивание различных элементов из горных пород потоками подземных вод.

Искусственное выщелачивание осуществляется в специальных промышленных установках. Способом выщелачивания добывается всего 2-3 % рудных полезных ископаемых.

Метод растворения применяется в промышленных масштабах при разработке месторождений каменной соли, каолина и других подобных им полезных ископаемых. Растворителем для них служит вода, но физико-химическая сущность процесса «растворения» для них неодинакова. Если каменная соль переходит в водный раствор, то каолин же не растворяется водой, а образует в ней взвешенную пульпу. Завершающим процессом добычи этих ископаемых является обратный процесс – выпаривание (соль) или осаждение (каолин).

7.2 Понятие об отбойке руды при очистных работах. Требования к процессам отбойки руды

Отбойка руды при очистных работах – это отделение части руды от массива посредством приложения внешней силы.

Применяемые при очистных работах способы отбойки руды освещены в предыдущем разделе.

Так как почти все руды отличаются большой крепостью, то для их отбойки, в основном, используют буровзрывной способ, который можно разбить на три операции: бурение шпуров (скважин); их заряджение, взрывание зарядов.

Основные требования к процессам отбойки руды:

1 Отрыв от массива и раздробление на куски определенной крупности, удобные для погрузки и транспортирования принятыми средствами

механизации. Наилучший результат достигается в тех случаях, когда правильно подобраны параметры буровзрывных работ (число врубовых, отбойных и оконтуривающих шпуров, их глубина, расположение и величина заряда в отдельных шпурах). Поэтому в каждом отдельном случае обязательным является составление паспорта буровзрывных работ (БВР).

2 Отброс отбитой руды в места, удобные для погрузки.

3 Оконтуривание (придание заданной формы) сечения при проходке горных выработок.

В некоторых случаях данные требования могут быть дополнены другими требованиями, отражающими специфику горно-геологических и горнотехнических условий.

7.3 Преимущества и недостатки комбайнового способа очистной выемки калийной руды по сравнению с буровзрывным способом

Для очистной выемки калийных солей применяются два способа:

- буровзрывной;
- механический.

На Старобинском месторождении буровзрывной способ применялся на самой ранней стадии его разработки, а затем с учетом небольшой крепости руды был осуществлен переход на механический способ очистной выемки вначале комбайнами ШБМ-2 со скреперной доставкой руды до панельного штрека, а затем более высокопроизводительными комбайнами типа ПК-8 и Урал-10КС при камерной системе разработки. Начиная с середины восьмидесятых годов выемка всех калийных пластов на Солигорских рудниках ведется лавами, в которых используются механизированные комплексы с валовой и селективной выемкой руды.

Преимущества механического (комбайнового) способа очистной выемки калийной руды по сравнению с буровзрывным способом заключаются в обеспечении более безопасных условий труда, высокой производительности и отсутствии ручного труда, а недостатки – невозможность применения для разрушения крепких пород и более высокая себестоимость добычи из-за больших денежных затрат на оборудование механизированных комплексов.

7.4 Комплексно-механизированные очистные забои и механизированные комплексы при отработке пластовых месторождений

В настоящее время добыча полезных ископаемых на пластовых месторождениях (угольных, сланцевых, калийных) ведется в комплексно-механизированных очистных забоях с использованием различных вариантов

столбовой или сплошной систем разработки и различных технологических схем. На рисунке 6.4 показана технологическая схема подготовки и отработки калийного пласта двухкомбайновой лавой с использованием столбовой системы на Старобинском месторождении. В данной технологической схеме применен панельный способ подготовки с отработкой выемочного столба валовой двухкомбайновой лавой.

Подготовка панели начинается с проходки от капитальных (магистральных) выработок панельного конвейерного штрека 1, конвейерного 2 и вентиляционного 3 штреков лавы. Проведение вентиляционного штрека 3 осуществляется с помощью вспомогательных выработок 6, которые используются в дальнейшем для проходки транспортного штрека 4. При необходимости охраны транспортного штрека вместе с ним проходится разгружающая выработка 5 или в самом транспортном штреке оформляются компенсационные щели (смотри раздел 4.11).

В однокомбайновой лаве из схемы подготовки панели исключается центральный вентиляционный штрек 3, а транспортный штрек 4 превращается в вентиляционный. При этом рядом с панельным конвейерным штреком 1 проводится панельный транспортный штрек. После проходки всех выработок до границы панели, там перпендикулярно подготовительным выработкам проводится монтажный штрек, в котором монтируется механизированный комплекс, состоящий из узкозахватного очистного комбайна, забойного скребкового конвейера, механизированной крепи, крепи сопряжения, насосной станции, а также гидро и электрооборудования.

В двухкомбайновой лаве (смотри рисунок 6.4) комбайны поочередно зарубаются с центрального вентиляционного штрека 3 и перемещаются в противоположных направлениях – один к конвейерному штреку 2, другой к транспортному штреку 4.

Очистные комбайны, перемещаясь вдоль лавы разрушают своими шнеками узкую полосу (0,8 м) полезного ископаемого и с помощью погрузочных щитков грузят его на забойный конвейер. С забойного конвейера полезное ископаемое выгружается вначале на штрековый скребковый конвейер, а затем на ленточный конвейер, который транспортирует полезное ископаемое до магистрального ленточного конвейера, смонтированного в капитальной выработке. Одновременно с выемкой полезного ископаемого осуществляется передвижка забойной крепи. Передвижка забойной крепи может производиться как впереди, так и позади комбайнов. После вырубки комбайнов на конвейерный и транспортный штреки они отгоняются назад на вентиляционный штрек с одновременным подбором шнеками просыпи на почве лавы. После этого производится передвижка забойного конвейера и комбайны могут начинать выемку следующей полосы полезного ископаемого.

В однокомбайновой лаве очистной комбайн зарубается с конвейерного штрека лавы 2 и ведет выемку полезного ископаемого в направлении к вентиляционному штреку с одновременной передвижкой забойной крепи впереди или позади комбайна. Дойдя до вентиляционного штрека очистной комбайн отгоняется назад на конвейерный штрек с одновременным побором шнеками просыпи на почве лавы. После этого производится передвижка забойного конвейера и комбайн может начинать выемку следующей полосы полезного ископаемого.

Схема работы комбайна с выемкой полезного ископаемого в одном направлении и последующим отгоном в противоположном направлении называется последовательной или односторонней. При челноковой схеме очистной комбайн ведет выемку полезного ископаемого в обоих направлениях, поэтому исключается технологическая операция по отгону комбайна. Вслед за проходом комбайна передвигается не только забойная крепь, но и забойный конвейер. Забойный конвейер в этом случае обязательно должен быть изгибающимся. Шаг передвижки забойной крепи и конвейера равен ширине захвата комбайна и составляет обычно 0,8 м.

Комплексно-механизированные очистные забои оснащены самыми современными механизированными комплексами, включающими:

- узкозахватную выемочную машину (комбайн с шириной захвата 0,63-1,0 м или струг с высокой энерговооруженностью и шириной стружки до 0,3 м);
- механизированную забойную крепь с достаточным для безопасного поддержания призабойного пространства рабочим сопротивлением до 1000-1200 кН/м² и механизированную крепь сопряжения;
- двухцепной или трехцепной скребковый конвейер, позволяющий транспортировать полезное ископаемое в лавах длиной 250-300 м при высокой производительности выемочных машин.

7.5 Очистные комбайны и механизированные крепи для длинных очистных забоев

Очистные комбайны

В настоящее время в длинных очистных забоях (лавах), отрабатывающих пологие угольные и калийные пласты, используется множество различных узкозахватных очистных комбайнов. Например, на Солигорских рудниках в зависимости от способа выемки и мощности калийных пластов (слоев) применяются следующие типы узкозахватных очистных комбайнов:

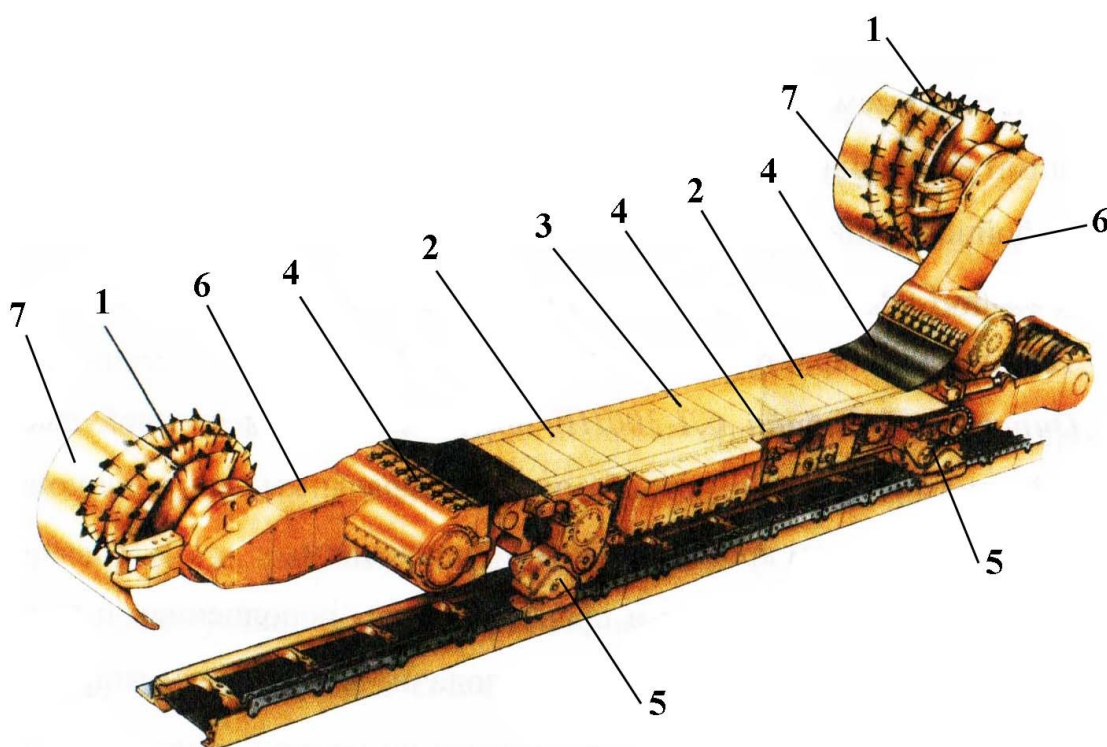
Для валовой выемки Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта мощностью 1,8-2,6 м – СЛ-300, СЛ-300/400.

Для выемки 4 сивинитового слоя Третьего калийного пласта мощностью 1,1-1,4 м – СЛ-300НЕ, СЛ-300Н, ЕВ-200/230 ЛН.

Для селективной выемки Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта мощностью 1,8-2,6 м – СЛ-500С и зарубочный комбайн ЕСА-150Л или СЛ-300Е.

Для селективной выемки пятислойного пласта на Первом калийном горизонте (сивинитовые слои 3, 4, 5 и галитовые слои 3-4, 4-5) мощностью 2,0-2,2 м – СЛ-500С и зарубочный комбайн ЕСА-150Л или СЛ-300Е.

На рисунках 7.1 и 7.2 показаны очистные комбайны СЛ-300 и СЛ-500С для валовой и селективной выемки калийных пластов, а в таблице 7.1 приведена техническая характеристика очистных комбайнов, применяемых на Солигорских рудниках.



- 1 – узел резания, состоящий из исполнительного органа (шнека), рукояти (6) со встроенным в нее электродвигателем; 2 – привод маханизма подачи; 3 – электроблок; 4 – система анкерных стяжек; 5 – механизм подачи; 6 – рукоять; 7 – погрузочный щиток

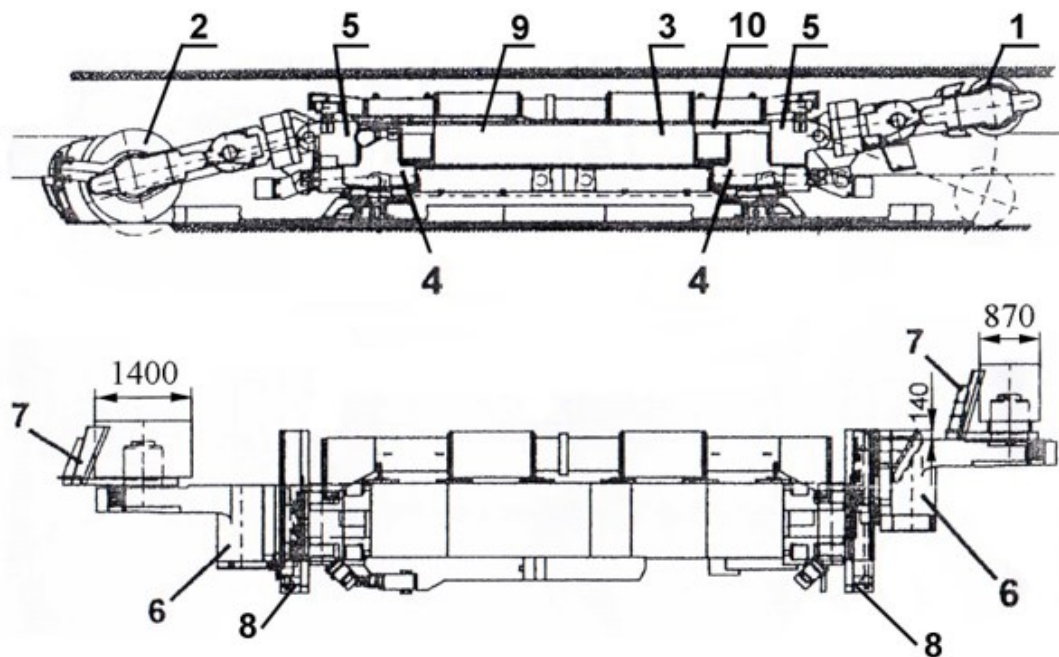
Рисунок 7.1 – Двухшнековый комбайн СЛ-300 для валовой выемки калийных пластов

Комбайн СЛ-300 для валовой выемки калийных пластов (смотри рисунок 7.1) выполнен в виде отдельных блоков, стянутых в продольном и поперечном направлениях анкерными стяжками (4) и установленных на несущую раму, включающую опорные катки, лыжи и захваты.

На раме установлены два привода (2) бесцепной системы подачи (5) и электроблок (3), содержащий устройство управления и пылеотсасывающую установку.

На концах комбайна расположены исполнительные органы (шнеки) – (1) диаметром 1200 или 1400 мм со щитками (7) для погрузки руды на забойный конвейер. Приводы шнеков размещены в рукоятях (6), подъем и опускание которых осуществляется гидравлически.

Комбайн СЛ-500С для селективной выемки калийных пластов (смотри рисунок 7.2) сконструирован на базе комбайна СЛ-300 и имеет те же основные узлы.



- 1, 2 – верхний и нижний выдвижные шнеки; 3 – гидроблок;
 4 – механизм подачи; 5 кронштейн; 6 – рукоятя; 7 – погрузочный щиток;
 8 – механизм перемещения рукоятя; 9 – электроблок;
 10 – трансформаторная коробка

Рисунок 7.2 – Двухшнековый комбайн СЛ-500С для селективной выемки калийных пластов

Отличительной особенностью конструкции двухшнекового селективного комбайна СЛ-500С является возможность выдвижения каждого шнека относительно стандартного положения в сторону забоя на ширину захвата комбайна – 0,8 м. Диаметр верхнего шнека соответствует мощности верхнего сальвинитового слоя, а диаметр нижнего шнека составляет 1,4 м.

Таблица 7.1 – Техническая характеристика очистных комбайнов и механизированных крепей для выемки калийных солей в лавах Солигорских рудников

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра								
		<i>Очистной комбайн</i>								
		СЛ-300	СЛ-300НЕ	СЛ-300/400	СЛ-500С					
Вынимаемая мощность	м	1,0-2,5	1,20-1,97	1,8-2,6	2,3-3,2					
Установленная мощность приводов	кВт	2×300	1×300 / (1×400)	2×400	2×400					
Рабочее напряжение	В	990	990	990	990					
Высота комбайна от почвы пласта	мм	1030	830	1030	1600					
Ширина захвата режущего органа	мм	830	800	1000	850					
Количество шнеков / диаметр шнеков	шт./мм	(2/1200) или (2×1400)	1/1300	2/1400	850 и 1400					
Подрубка почвы	мм	190	не более 400	190	265					
Вес комбайна	кг	36000	25500	32000	65000					
Наименование параметра	Единица измерения	<i>Забойная крепь</i>								
		Фазос-08/13	Фазос-09/15	Фазос-16/24	Фазос-13/20	Фазос-12/28	К3.03	К3.04	К.4	К.6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Количество стоек в секции	шт.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Конструктивная высота крепи:	м									
– минимальная;		0,8	0,9	1,6	1,3	1,2	0,88	1,05	1,5	1,34
– максимальная		1,3	1,5	2,4	2,0	2,8-2,9	1,35	1,55	2,8	2,93
Шаг передвижки секций крепи	м	0,8	0,8	0,8	0,8/0,8	0,8-1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
Длина перекрытия секции крепи	м	2,1	2,135	2,2	2,2-2,63	2,65	2,18	2,48	2,4	2,65
Ширина перекрытия секции крепи	м	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7/1,7	1,7	1,7	2,0	1,745

Продолжение таблицы 7.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Соппротивление секции крепи:	кН									
– при начальном распоре		1662	1732	1732	1732	1570	1732	1662	1662	1570
– при рабочем давлении		3324	3324	3324	3324	3000/3010	3324	3324	3324	3014
Несущая способность крепи	кН/м ²	379-4,11	303-526	414-529	380-430	311-480	380-415	380-415	600	350
Масса секции	кг	5000	5000	7317		10800/10800	5600	5920	6250	10300
Наименование параметра	Единица измерения	<i>Крепь сопряжений</i>								
		Фазос-15/31	Фазос-22/34	БС-2.1П	БС-2.2					
1	2	3	4	5	6					
Количество стоек в секции	шт.	2	2	4	4					
Конструктивная высота крепи:	м									
– минимальная		1,5	2,2	1,3	1,975					
– максимальная		3,085	3,4	2,67	3,375					
Шаг передвижки секций крепи	м	0,8	0,8	0,8	0,8					
Длина перекрытия:	м									
– без козырька		2,08	2,35	2,65	3,58					
– с козырьком		309	–	–	–					
Ширина перекрытия	м	1,4	1,4	1,7	1,3					
Соппротивление секции крепи:	кН									
– при начальном распоре		785×2=1570	866×2=1732	461×4=1844	687×4=2749					
– при рабочем давлении		1500×2=3000	1662×2=3324	554,5×4=2218	804×4=3216					
Несущая способность крепи	кН/м ²	300-420	450-500	250-300	450-480					
Масса секции	кг	12090-12380				6585				

Механизированные крепи для длинных очистных забоев.

Назначение, конструкция, выполняемые операции

В состав современных механизированных комплексов кроме очистного комбайна входит механизированная забойная крепь с крепью сопряжений лавы с подготовительными выработками и забойный скребковый конвейер. Наиболее важную роль в комплексах играет механизированная крепь, так как ее назначением является обеспечение безопасного состояния кровли в призабойном пространстве лавы и эффективное управление ею в выработанном пространстве. Кроме того, в задачи механизированной крепи входит выполнение следующих операций:

- опускание секций перед ее передвижкой;
- передвижку секции в направлении к забою;
- установку гидростоек секции после передвижки в начальный распор с заданным усилием;
- передвижку забойного конвейера в направлении к забою».

Крепь сопряжений дополнительно выполняет операцию по передвижке эстакады забойного конвейера.

После монтажа и до полной отработки выемочного столба механизированная крепь непосредственно взаимодействует с породами кровли и оказывает существенное влияние на условия совместной работы системы «крепь-боковые породы».

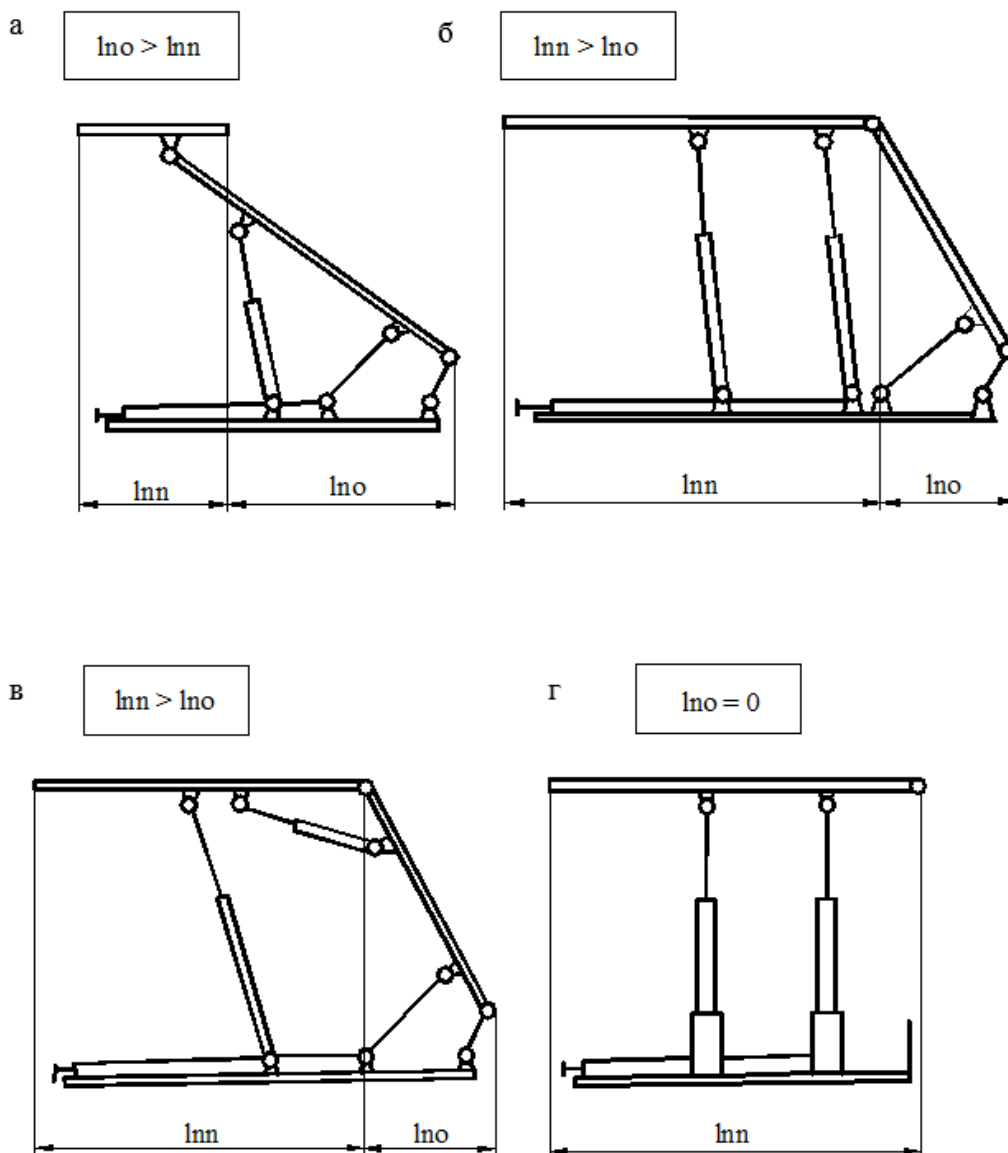
В качестве основного классификационного признака механизированных крепей принято соотношение проекций поддерживающей ($l_{\text{мп}}$) и оградительной ($l_{\text{по}}$) частей перекрытий на почву.

На рисунке 7.3 показаны типы механизированных крепей с различным соотношением ($l_{\text{мп}}$) и ($l_{\text{по}}$), которые по этому признаку делятся на оградительно-поддерживающие, поддерживающе-оградительные и поддерживающие.

Оградительно-поддерживающая крепь (смотри рисунок 7.3, а) осуществляет частичное поддержание пород кровли над рабочим пространством ($l_{\text{мп}} = \text{min}$). Имеет более развитое ограждение ($l_{\text{по}} > l_{\text{мп}}$), предотвращающее проникновение обрушенных пород кровли в рабочее пространство. Линия обрушения кровли проходит над рабочим пространством.

Поддерживающе-оградительная крепь отличается более развитой поддерживающей частью ($l_{\text{мп}} > l_{\text{по}}$). Может иметь два ряда стоек (рисунок 7.3, б) или один ряд стоек с управляющим гидроцилиндром (смотри рисунок 7.3, в). Линия обрушения кровли проходит над рабочим пространством.

Поддерживающая крепь (смотри рисунок 7.3, г) поддерживает породы кровли над всем рабочим пространством ($l_{по}=0$). Линия обрушения пород кровли проходит за рабочим пространством. С увеличением длины поддерживающего элемента крепи (в зависимости от ее типа) увеличивается объем горной массы, поддерживаемой крепью над рабочим пространством, и, как следствие, общая нагрузка, действующая на крепь в процессе ее взаимодействия с боковыми породами.



а – оградительно-поддерживающая крепь; б, в – поддерживающе-оградительная крепь; г – поддерживающая крепь

Рисунок 7.3 – Типы механизированных крепей:

На калийных рудниках Старобинского месторождения в разное время применялись все существующие типы крепей, а в настоящее время применяются только крепи поддерживающе-оградительного типа.

Для валовой и селективной выемки Второго калийного пласта, слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта – Фазос-12/28, Фазос-16/24, Фазос-13/20, К.4, К.6.

Для выемки 4 сивьинитового слоя Третьего калийного пласта – Фазос-08/13, Фазос-09/15; КЗ.03, КЗ.04, КЗ.05.

Для селективной выемки пятислойного пласта на Первом калийном пласте – К.4, БС-2.1ПМ.

Для всех видов выемки в штреках на их сопряжениях с лавами устанавливаются механизированные крепи:

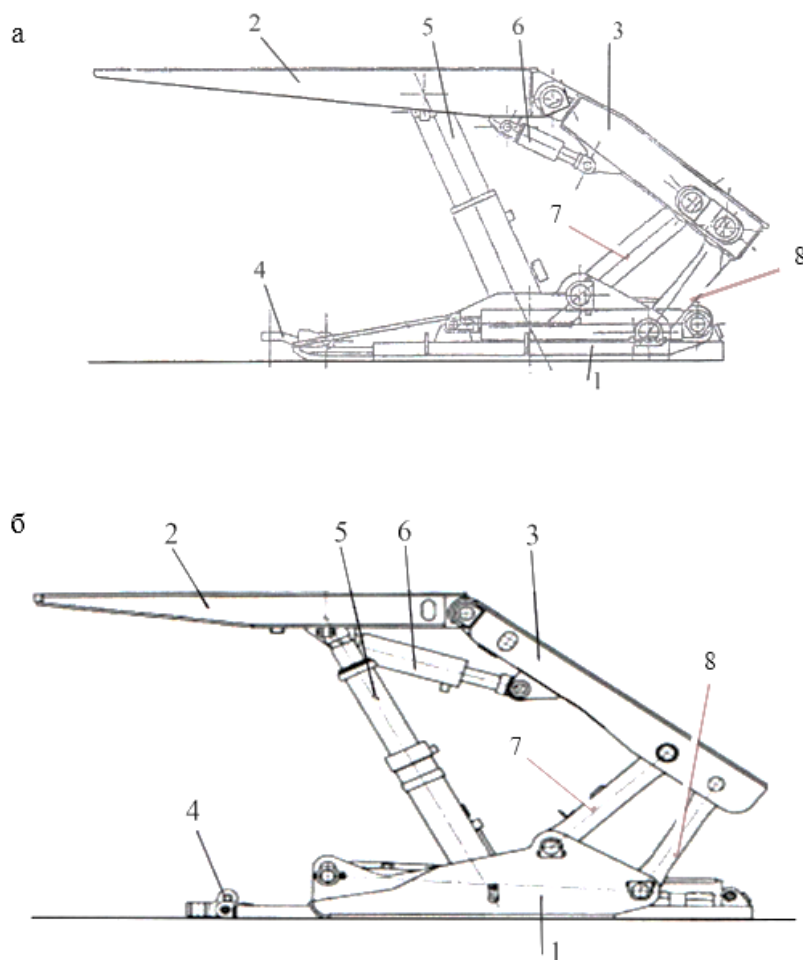
– Фазос-15/31, Фазос-22/34, БС-2.1П, БС-2.2.

Транспортирование разрушенной комбайнами руды вдоль очистного забоя производится двумя типами скребковых конвейеров:

– СПЗ-1-228 или ЕКФ-3.

Технические характеристики механизированных крепей приведены в таблице 7.1.

На рисунке 7.4 показаны механизированные крепи Фазос-09/15 и К.6.



1 – основание; 2 – перекрытие; 3 – ограждение; 4 – механизм передвижки;

5 – гидростойка; 6 – гидродомкрат; 7 – рычаг; 8 – траверса

Рисунок 7.4 – Механизированные крепи Фазос-09/15 (а) и К.6 (б)

Параметры механизированных крепей

Механизированная крепь характеризуется следующими параметрами:

- геометрическими;
- кинематическими;
- силовыми.

К основным геометрическим параметрам секций крепи относятся: ее длина и ширина по основанию и перекрытию, зазор между забоем и передним концом перекрытия (ширина незакрепленной полосы кровли в лаве), ширина проходов между стойками крепи, а также между забоем и передней стойкой, расстояние между секциями вдоль лавы.

На калийных рудниках Старобинского месторождения по результатам исследований ширина незакрепленной полосы кровли от забоя до переднего конца перекрытия крепи не должна превышать 2,0 м при валовой выемке (для угольных забоев – 0,3 м) и 2,4 м – при селективной выемке. Расстояние между секциями крепи вдоль лавы чаще всего составляет 2,0 м, иногда – 1,5 м, а расстояние между перекрытиями и ограждениями соседних секций не должно превышать 0,5 м.

Основные кинематические параметры характеризуют конструктивную высоту крепи и шаг ее передвижки.

Конструктивная высота механизированной крепи в лавах должна удовлетворять условиям:

$$H_{min} \leq m_{min}(1 - al_3) - b - t_{\Pi}, \text{ мм}, \quad (7.1)$$

$$H_{max} \geq m_{max}(1 - al_{\Pi}), \text{ мм}, \quad (7.2)$$

где H_{min} и H_{max} – минимальная и максимальная конструктивная высота секции крепи, мм;

m_{min} и m_{max} – минимальная и максимальная вынимаемая мощность пласта (слоя) в пределах выемочного столба, мм;

l_3 и l_{Π} – расстояние от забоя до оси передней и задней стоек секции (комплекта) крепи, замеряемое по почве лавы или основанию крепи, м (для однорядной крепи $l_{\Pi} = l_3$);

a – коэффициент опускания кровли, м^{-1} , принимаемый по результатам специальных исследований на Старобинском месторождении, $a = 0,015 \text{ м}^{-1}$;

b – запас раздвижности стоек на разгрузку крепи от горного давления:

$b = 30$ мм – для пластов (слоев) мощностью до 1,5 м;

$b = 50$ мм – для пластов (слоев) мощностью 1,5 м и более;

t_{Π} – суммарная толщина породной подушки под основанием и на перекрытии секции (комплекта) крепи:

$t_{\Pi} = 35$ мм для пластов (слоев) мощностью до 1,5 м;

$t_{\Pi} = 45$ мм для пластов (слоев) мощностью 1,5 м и более.

Шаг передвижки крепи обычно равен ширине захвата комбайна и составляет 0,63 м и 0,8 м.

Основным силовым параметром крепи является ее несущая способность. К другим силовым параметрам относятся: усилие остаточного подпора секций крепи при передвижке, усилие передвижки секций крепи и конвейера.

Несущая способность механизированной крепи (q_c) в лаве должна быть не ниже удельной нагрузки (q) от горного давления $q_c \geq q$; $q_c \geq q_k$ (q_k – удельная нагрузка на крепь от горного давления при ширине призабойного пространства $B_3 > 4,2$ м).

Значения удельной нагрузки (q) от горного давления для различных технологических схем очистной выемки изменяются от 300 до 600 кН/м². Они определялись по результатам шахтных исследований и приведены в «Инструкции по применению систем разработки на Старобинском месторождении», Солигорск, 2018.

Несущая способность механизированной крепи определяется по формуле:

$$q_c = \frac{Q_c n K_n}{B_3 S}, \text{ кН/м}^2, \quad (7.3)$$

где Q_c – рабочее сопротивление стойки, кН – берется из инструкции по эксплуатации, представляемой заводом-изготовителем крепи;

n – количество стоек в секции (комплекте), шт.;

K_n – безразмерный коэффициент, учитывающий угол наклона стоек крепи в зависимости от вынимаемой мощности пласта, определяется по таблице, приведенной в «Инструкции по применению систем разработки на Старобинском месторождении», Солигорск, 2018; для крепей с минимальным (не более 5°) углом наклона стоек $K_n = 1,0$;

B_3 – ширина призабойного пространства (расстояние от забоя до завального конца перекрытия крепи), м (берется после снятия комбайном полосы полезного ископаемого при задвинутых к конвейеру секциях крепи), м;

S – шаг установки секций (комплектов) крепи в лаве, м.

При ширине призабойного пространства $B_3 > 4,2$ м указанные значения удельной нагрузки (q) должны быть скорректированы в соответствии с зависимостью:

$$q_k = q + \frac{(B_3 - 4,0)^2}{K}, \text{ кН/м}^2, \quad (7.4)$$

где K – размерный коэффициент м⁴/кН, принимаемый по результатам специальных исследований на Старобинском месторождении, $K = 0,0225$ м⁴/кН.

7.6 Технология очистных работ с применением струговых установок

Технология очистных работ с применением струговых установок используется преимущественно при разработке угольных месторождений. В семидесятые годы была предпринята попытка выемки стругом калийного пласта на Старобинском месторождении, однако из-за специфических свойств калийных солей (пластичность, вязкость) опытные испытания технологии не дали положительного результата.

Технология очистных работ струговой установкой представляет собой способ узкозахватной выемки полезного ископаемого, при котором его разрушение осуществляется тонкими (0,15-0,30 м) стружками при высоких скоростях (36-90 м/мин и выше) движения исполнительного органа-струга. При этом струг разрушает только нижнюю часть пласта, а оставшаяся верхняя пачка самообрушается на конвейер.

Очистная выемка ведется по челноковой схеме с реверсированием направления движения струга и конвейера в концевых частях. Поддержание призабойного пространства осуществляется механизированной крепью, подтягиваемой к забою гидродомкратами, соединенными с конвейером.

Привода самого струга и забойного конвейера располагаются на концах забоя или выносятся в бортовые штреки. Став конвейера струговой установки постоянно прижат во время работы к забою посредством гидродомкратов и передвигается ими вслед за стругом. Конвейер является одновременно базой для направленного движения струга вдоль забоя. Протягивание струга производится цепью, рабочая и холостая ветви которой движутся внутри кожухов, которые могут быть смонтированы на конвейере как со стороны забоя, так и со стороны выработанного пространства.

Погрузка полезного ископаемого на конвейер осуществляется корпусом струга. Остановка струга в концевых частях производится автоматически с помощью выключателей.

Основные преимущества струговой выемки по сравнению с комбайновой применительно к угольным пластам заключаются в следующем:

- возможность применения для выемки весьма тонких пластов с любыми углами падения;
- наиболее благоприятные условия для перехода на безлюдную выемку с выводом людей из очистного забоя;
- простота конструкции и улучшение качества добываемого угля за счет увеличенного выхода крупных сортов угля, что особенно важно при добыче антрацитов.

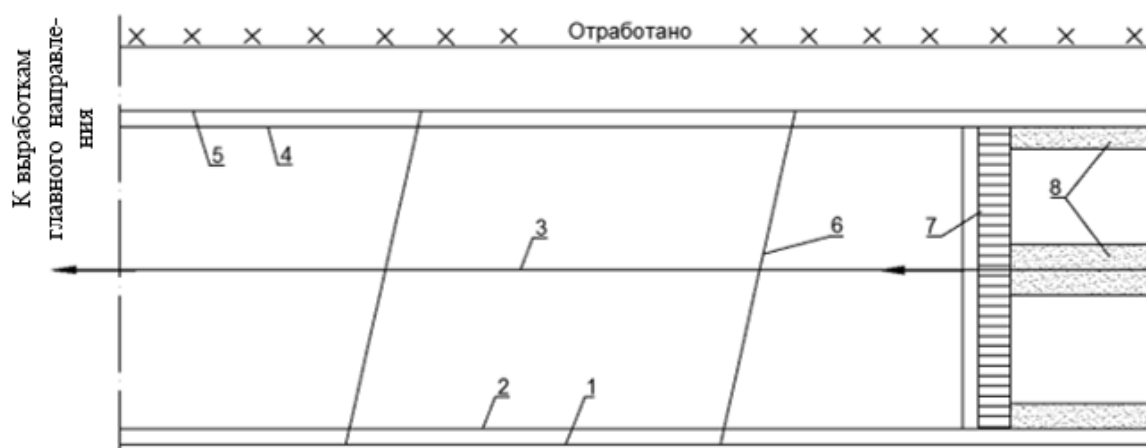
В то же время эффективная работа струговых установок ограничивается пластами, имеющими сопротивляемость резанию не выше 180 кгс/см.

7.7 Валовая и селективная выемка лавами слоев Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3, 3 Третьего калийного пласта Старобинского месторождения

Технологическая схема подготовки с валовой отработкой слоев Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта подробно освещена в разделе 7.4 данного Пособия.

Применительно к разработке калийных пластов Старобинского месторождения столбовой системой под валовой выемкой на полную мощность пласта понимают совместную выемку из одного очистного забоя полезного ископаемого (сильвинита) и пустой породы (галита). При этом вся смешанная руда выдается на поверхность.

На рисунке 7.5 приведен вариант столбовой системы разработки с селективной выемкой лавой трехслойного калийного пласта и закладкой разрушенной породы из среднего галитового слоя в выработанное пространство.



- 1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3, 4 – конвейерный, вентиляционный и транспортный штреки лавы; 5 – разгружающий штрек;
6 – вспомогательные выработки; 7 – очистной забой (лава);
8 – породные полосы

Рисунок 7.5 – Технологическая схема селективной выемки лавой слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта

Под селективной выемкой на полную мощность пласта понимают раздельную выемку из одного очистного забоя полезного ископаемого и пустой породы. При этом на поверхность выдается только сильвинитовая руда, а разрушенный галит с помощью установок механической закладки (УМЗ) закладывается в выработанное пространство лавы в виде породных полос.

Селективная выемка по сравнению с валовой обладает рядом преимуществ, позволяющих:

– повысить содержание (*KCL*) в добываемой руде на 4-6 %;
– уменьшить объем добываемой руды из лавы при сохранении объема *KCL* в руде и за счет этого:

а) увеличить срок службы всего оборудования в цепи от лавы до выхода готовой продукции с фабрики и складирования отходов обогащения;

б) сократить расход электроэнергии на всех технологических операциях по доставке и переработке руды, а также на складировании отходов обогащения;

в) уменьшить расход реагентов при обогащении руды;

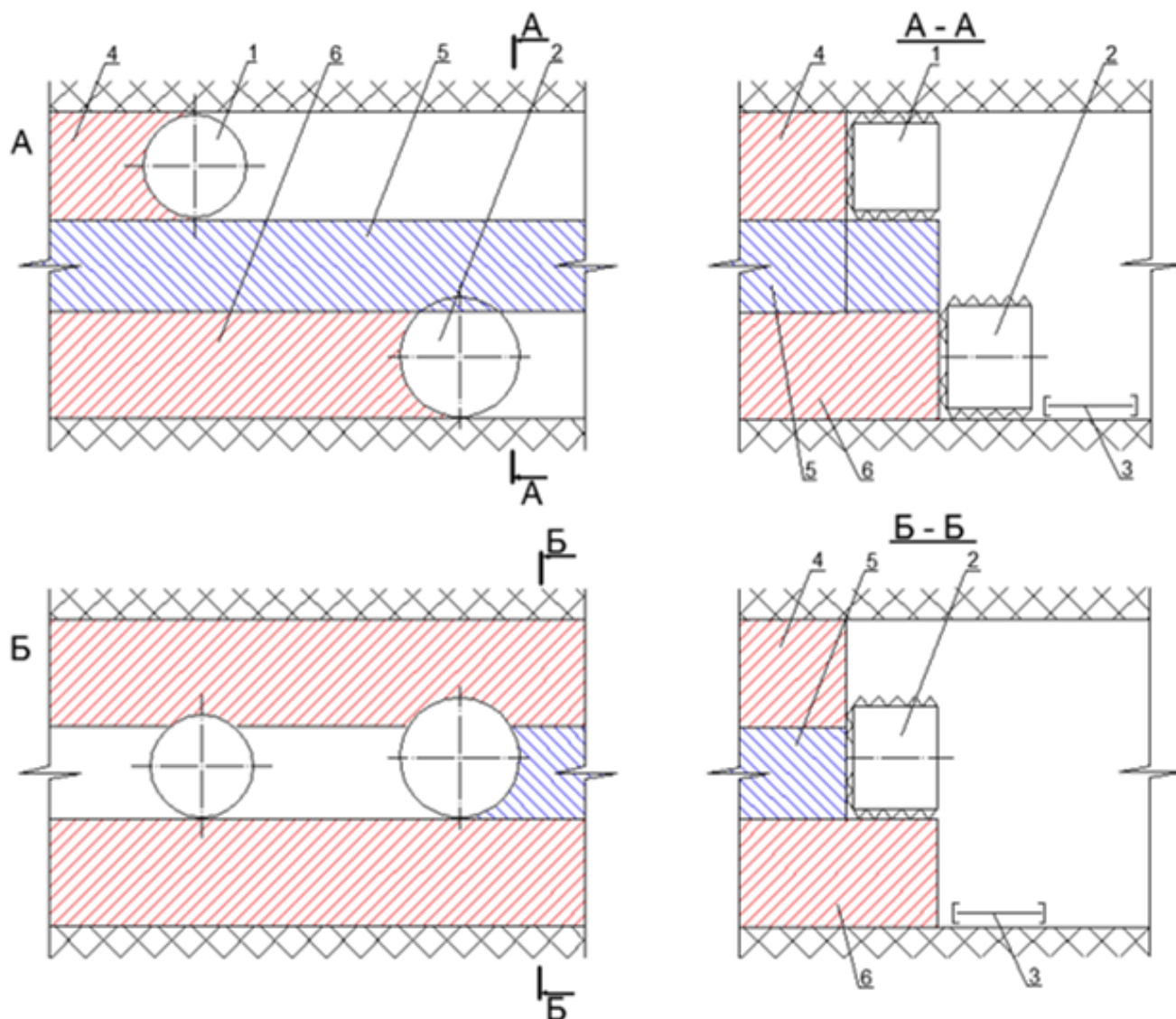
г) сократить площадь отторгаемых земель для складирования отходов обогащения и уменьшить оседание земной поверхности.

Подготовка панели ведется в следующей последовательности. В первую очередь проводятся панельный конвейерный штрек 1, конвейерный 2 и центральный вентиляционный 3 штреки лавы. При этом для проветривания центрального вентиляционного штрека и отгрузки руды в процессе его проходки нарезаются вспомогательные выработки 6, которые используются в дальнейшем для проходки во вторую очередь транспортного штрека 4 лавы и разгружающей выработки 5. После проходки всех выработок до границы панели, там перпендикулярно подготовительным выработкам проводится монтажный штрек, в котором монтируется очистной комплекс, состоящий из селективного комбайна СЛ-500С, забойного скребкового конвейера СПЗ-1-228 или ЕКФ-3, механизированной забойной крепи Фазос-16/24, Фазос-12/28, К.6, крепи сопряжений, насосной станции, а также гидро и электрооборудования. Комбайн СЛ-500С имеет два исполнительных органа (шнека) – верхний с диаметром, равным мощности верхнего сильвинитового слоя, и нижний с диаметром 1400 мм. Верхний шнек может выдвигаться в сторону забоя на ширину захвата комбайна (0,8 м).

Селективная выемка полосы производится за два рабочих хода комбайна (рисунок 7.6). Первым (прямым) ходом (смотри рисунок 7.6, А) комбайн верхним шнеком 1 в выдвинутом положении извлекает верхний сильвинитовый слой, а нижним отстающим шнеком 2 в стандартном положении – обнаженный (при выемке предыдущей полосы) нижний сильвинитовый слой с одновременной погрузкой сильвинитовой руды на забойный конвейер.

Вторым (обратным) ходом (смотри рисунок 7.6, Б) комбайн после задвижки забойного конвейера и установки обоих шнеков в стандартное положение извлекает шнеком 2 промежуточный слой галита 5 с погрузкой разрушенной породы на забойный конвейер, который доставляет ее к установкам механической закладки (УМЗ), расположенным на сопряжениях лавы со штреками. Там порода вначале поступает на перегружатели, а затем забрасывается роторными метателями в выработанное пространство, образуя

вдоль штреков породные закладочные полосы 8 (смотри рисунок 7.6) шириной 10-12 м (у бортовых штреков) и 20-25 м (у центрального вентиляционного штрека).



А – выемка сильвинитовых слоев; Б – выемка породного слоя

1 – верхний шнек (диаметр соответствует мощности верхнего слоя);

2 – шнек 1400 мм; 3 – забойный конвейер; 4 – верхний сильвинитовый слой; 5 – породный слой; 6 – нижний сильвинитовый слой

Рисунок 7.6 – Последовательность выполнения комбайном СЛ-500С операций по селективной выемке трехслойного калийного пласта

Обычно перегружателями являются скребковые конвейеры ЕКФ-3. Роторный метатель представляет собой опорную раму, на которой под углом 15° к опорной поверхности закреплено роторное колесо с приводом от электродвигателя. Если УМЗ устанавливается на сопряжении лавы со штреком,

пройденном в поле выемочного столба, например, с центральным вентиляционным штреком, то забойный конвейер в этом месте оснащен разгрузочным устройством, представляющим собой окно в днище рештака и дистанционно управляемый шибер. Для возможности подачи забойным конвейером разрушенного галита на все УМЗ, забойный конвейер изготавливается в реверсивном исполнении.

При прямом ходе с вырубкой комбайна на штрек шнеком (1) малого диаметра (08-0,9 м) из-за сложности селективной обработки забоя и погрузки руды после разрушения верхнего сильвинитового слоя существенно снижалась производительность очистной выемки. Для устранения этого недостатка в селективных лавах вместе с комбайном СЛ-500С стали монтировать одношнековый комбайн ЕСА-150Л, а в последнее время комбайн СЛ-300Е, которые заранее валовым способом подготавливают у штрека нишу длиной 15-20 м, куда вырубается, а затем зарубается комбайн СЛ-500С. Данное техническое решение при незначительном удорожании себестоимости добычи и качества руды позволило повысить производительность очистных работ на 10-15 %.

Комбайн СЛ-500С применяется в настоящее время и для частично-селективной выемки пятислойного пласта на Первом горизонте. Калийный пласт состоит из трех сильвинитовых (3, 4 и 5) и двух галитовых (3-4 и 4-5) слоев. При выемке полосы за два рабочих хода комбайн, двигаясь вдоль лавы в прямом направлении, извлекает опережающим шнеком (1) в выдвинутом положении слои 4, 4-5 и 5 валовым способом, а отстающим шнеком (2) в стандартном положении – 3 сильвинитовый слой. Обратным ходом комбайн извлекает шнеком (2), установленным в стандартное положение, породный прослой 3-4 и грузит его на задвинутый к забою скребковый конвейер, который доставляет разрушенную породу к УМЗ.

7.8 Оптимальное соотношение между очистными и подготовительными работами (забоями) в шахте

К моменту отработки выемочного столба требуется своевременно подготовить новый выемочный столб, не допуская запаздывания в подготовке и не создавая излишних опережений (рисунок 7.7). Запаздывание приводит к несвоевременному вводу в работу новых очистных забоев и, следовательно, к снижению добычи. Излишнее опережение вызывает преждевременные расходы денежных средств на поддержание пройденных, но еще не используемых выработок.

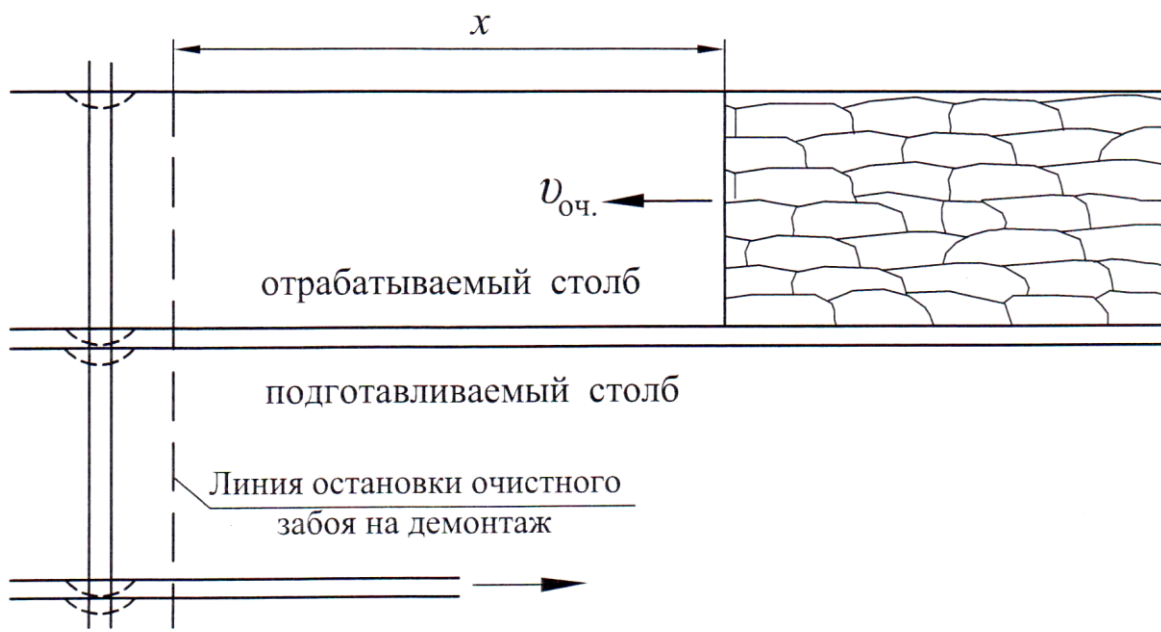


Рисунок 7.7 – Схема для определения оптимального соотношения между очистным забоем обрабатываемого выемочного столба и подготовкой нового выемочного столба

Положение очистного забоя в обрабатываемом выемочном столбе, при котором необходимо начать подготовку нового выемочного столба, можно определить из выражения:

$$L_{\text{ост}} = T_{\text{п}} \cdot v_{\text{оч}}, \text{ м}, \quad (7.5)$$

где $L_{\text{ост}}$ – длина неотработанного участка в обрабатываемом выемочном столбе, м;

$T_{\text{п}}$ – время, необходимое на подготовку нового выемочного столба, мес.;

$v_{\text{оч}}$ – скорость продвижения очистного забоя в обрабатываемом выемочном столбе, м/мес.

Например, если $T_{\text{п}} = 18$ мес., а $v_{\text{оч}} = 90$ м/мес, то подготовку нового выемочного столба нужно начинать при длине неотработанного участка в обрабатываемом выемочном столбе $L_{\text{ост}} = 18 \cdot 90 = 1620$ м.

7.9 Понятие об операции, сущность и содержание основных, вспомогательных и подготовительно-заключительных операций при добыче полезных ископаемых

Операция – это совокупность рабочих действий (приемов), характеризующихся однородностью технологического содержания, неизменностью предмета труда, оборудования и рабочих приспособлений.

Операции при добыче полезных ископаемых делятся на:

– основные;

- вспомогательные;
- подготовительно-заключительные.

Например, при валовой выемке горизонтальных и пологих пластов лавами с применением механизированных комплексов *к основным операциям относятся:*

- зарубка очистного комбайна у подготовительной выработки;
- выемка полезного ископаемого комбайном;
- погрузка вынутого очистным комбайном полезного ископаемого на забойный конвейер;
- транспортировка вынутого полезного ископаемого забойным конвейером до подготовительной выработки.

При селективной выемке к основным производственным операциям добавляются транспортировка разрушенной породы до УМЗ и закладка ее в выработанное пространство лавы.

К вспомогательным операциям относятся все операции, которые обеспечивают выполнение основных операций, а именно:

- отгон комбайна (при односторонней схеме работы комбайна);
- передвижка забойного конвейера, забойной крепи и крепи сопряжений;
- управление кровлей;
- проветривание;
- энергоснабжение.

Подготовительно-заключительные операции связаны с осмотром и подготовкой оборудования к работе в начале и в конце смены и после выполнения каждого очистного цикла. Эти операции включают также замену зубков на режущих органах комбайна, дозалив масла и эмульсии (при необходимости).

В существующих технологических схемах добычи все операции повторяются от цикла к циклу, поэтому для каждой лавы составляется суточная планограмма работ, на которой обозначено время ведения работ по операциям цикла.

7.10 Понятие о производственном процессе. Структура производственных процессов в шахте, в пределах выемочного участка

Производственным процессом (ПП) называется процесс труда, имеющий определенное техническое и организационное содержание, направленный на создание конкретных материальных благ. Например, при ведении горных работ – это **добыча полезного ископаемого**.

Добыча полезного ископаемого в шахте складывается из нескольких взаимосвязанных **главных** и **вспомогательных процессов**,

последовательность выполнения которых представляет собой технологическую схему производственных процессов шахты.

Разнообразие характеристик месторождений приводит к различной структуре отдельных производственных процессов на рудных месторождениях.

К главным производственным процессам относятся:

- процессы очистных работ;
- транспортирование добытого полезного ископаемого в пределах выемочного участка и по магистральным выработкам;
- подъем полезного ископаемого на поверхность.

К вспомогательным производственным процессам относятся все остальные ПП в шахте, обеспечивающие ведение очистных работ:

- процессы вентиляции, эл/снабжения, водоотлива;
- перевозка и спуск-подъем людей, оборудования и материалов;
- монтаж-демонтаж оборудования;
- ремонт оборудования и горных выработок и др.

В пределах выемочного участка осуществляются следующие производственные процессы:

- процессы очистных работ.

Они включают в себя:

- а) отбойку полезного ископаемого;
 - б) вторичное дробление добытого полезного ископаемого (при необходимости);
 - в) доставку добытого полезного ископаемого на штрековый конвейер;
 - г) крепление очистного пространства;
 - д) управление кровлей;
- процессы обеспечения очистных работ.

Они включают в себя:

- а) проведение подготовительных выработок в пределах выемочного участка;
 - б) поддержание этих подготовительных выработок;
 - в) проветривание очистных забоев и подготовительных выработок и др.
- транспортирование добытого полезного ископаемого в пределах выемочного участка.

7.11 Основные требования, предъявляемые к производственным процессам при разработке калийных месторождений

Основные требования к производственным процессам при разработке калийных месторождений заключаются в следующем:

– при выполнении производственных процессов должны обеспечиваться условия сохранения водозащитной толщи, высокие технико-экономические показатели, безопасные условия труда и безопасная эксплуатация подрабатываемых объектов при максимально возможном извлечении полезного ископаемого из недр;

– валовая выемка пластов должна вестись двухшнековыми комбайнами, а селективная выемка – двух или трехшнековыми комбайнами с монтированием в лаве дополнительного зарубочного комбайна. Применение указанных комбайнов позволяет вести очистную выемку без разделки ниш;

– очистные комбайны должны работать без присечки пустых пород, для чего необходимо предусматривать возможность регулировки шнеков по высоте;

– при выемке пластов не должно образовываться много переизмельченной руды и негабаритов;

– забойная крепь должна обеспечивать возможность выполнения в призабойном пространстве лавы всех основных и вспомогательных операций, пропуск необходимого для проветривания лавы количества воздуха, быть надежной и долговечной, а ее несущая способность должна обеспечивать безопасность работ в очистном забое;

– при выполнении производственных процессов необходимо обеспечивать:

а) безопасность и удобство работ по управлению и обслуживанию оборудования при его эксплуатации в таких горно-геологических условиях и при таких технологических схемах, для которых оно предназначено;

б) механизацию и автоматизацию производственных процессов в очистных и подготовительных забоях;

в) максимально возможное исключение ручного труда при эксплуатации и обслуживании оборудования, а также при производстве монтажных и демонтажных работ;

г) нормируемые санитарно-гигиенические условия для лиц, работающих в забоях.

7.12 Процессы выемки, крепления и управления кровлей при отработке калийных и угольных пластов длинными очистными забоями (лавами)

В настоящее время выемка калийных и угольных пластов ведется, в основном, механизированными комплексами, в состав которых входит следующее основное оборудование: очистной комбайн, механизированная крепь и забойный конвейер.

Очистным комбайном называется машина, выполняющая операции по отделению полезного ископаемого от массива, дроблению его на куски и погрузке на забойный конвейер. Комбайны выпускают с одним и двумя исполнительными органами, расположенными в концевых частях корпуса комбайна. При селективной выемке пластов сложного строения, каковыми являются калийные пласты Старобинского месторождения, комбайн может иметь три исполнительных органа.

Выемка угольных пластов также может вестись стругами.

Ширина захвата комбайнов обычно составляет 0,63 и 0,80 м, а стругов – не более 0,3 м.

Процесс выемки начинается с зарубки комбайна у одного из бортовых штреков лавы (конвейерного или вентиляционного). Затем комбайн вынимает полосу полезного ископаемого, перемещаясь вдоль забоя лавы по раме скребкового конвейера перпендикулярно направлению подвигания лавы вдоль выемочного столба.

Комбайн в лаве может работать по односторонней схеме с холостым перегонем на штрек, от которого производится его зарубка, и по челноковой схеме, когда ведется выемка полезного ископаемого в обоих направлениях.

На Старобинском месторождении калийные пласты имеют сложное строение, заключающееся в том, что сильвинитовые слои разделяются друг от друга слоями каменной соли (пустой породы). Поэтому для выемки пластов применяются валовый и селективный способы.

При валовом способе ведется совместная выемка в одном очистном забое сильвинита и каменной соли, а *при селективном способе* сильвинит и каменная соль вынимаются отдельно. При селективном способе выемки на поверхность выдается только сильвинитовая руда, а разрушенная каменная соль (галит) с помощью установок механической закладки (УМЗ) закладывается в выработанное пространство в виде породных полос.

При ведении очистных работ лавами нарушается естественное равновесие сил в массиве. Породы кровли, потерявшие опору на пласт, деформируются и разрушаются. Для предотвращения значительных деформаций и обрушений пород в призабойном пространстве лавы применяют:

- крепление призабойного пространства;
- управление кровлей за пределами призабойного пространства.

Процесс крепления заключается в поддержании кровли призабойного пространства лавы механизированной крепью, которая может передвигаться последовательно, то есть после выемки полосы полезного ископаемого или параллельно с выемкой впереди или позади комбайна. Способ передвижки крепи в лаве во многом определяется горно-геологическими условиями отработки выемочного столба. Шаг передвижки крепи обычно равен ширине

захвата комбайна. Перед передвижкой секции крепи она разгружается от горного давления, а после передвижки распирается за счет давления, создаваемого насосной станцией.

Мероприятия по регулированию горного давления называются управлением горным давлением. В лавах на пологих и наклонных пластах управление горным давлением, в основном, сводится к управлению давлением пород кровли, поэтому сокращенно называют **управление кровлей**.

Различают легкоуправляемые и трудноуправляемые кровли. Если породы непосредственной и основной кровли обрушаются одновременно без образования больших завесаний за крепью, то их относят к легкоуправляемым. Считается, что они не дают вторичных обрушений.

У трудноуправляемых кровель шаг первичных и вторичных обрушений превышает 30 м при высоте зоны обрушения не менее 4-х кратной вынимаемой мощности пласта.

Основным способом управления кровлей в длинных очистных забоях является полное обрушение, заключающееся в периодическом, по мере подвигания лавы, обрушении кровли за пределами призабойного пространства с целью уменьшения горного давления на крепь. В комплексно-механизированных забоях крепь кроме поддержания кровли выполняет одновременно и функцию управления кровлей. С уменьшением мощности пластов до 0,8 м и менее породы кровли могут не обрушаться, а плавно опускаться на почву в выработанном пространстве лавы без образования больших разрывов и трещин.

Кроме способа управления кровлей в лавах полным обрушением применяются и другие способы, такие как частичное обрушение пород, частичная и полная закладка выработанного пространства. Последняя применяется в случае отработки панелей под охраняемыми объектами, а на калийных месторождениях, кроме того, для предотвращения опасных деформаций пород водозащитной толщи при ее недостаточной мощности.

На Старобинском месторождении при селективной выемке калийных пластов кровля обрушается за крепью только на участках между выложенными УМЗ породными полосами. В местах расположения породных полос управление кровлей осуществляется плавным ее опусканием на податливые породные полосы. Описанный способ управления кровлей можно классифицировать или как вариант частичного обрушения пород, или как вариант частичной закладки выработанного пространства.

7.13 Процессы управления качеством рудной массы на калийных рудниках

Калийные пласты обычно имеют сложное строение, заключающееся в том, что слои полезного ископаемого (сильвинита) разделяются друг от друга слоями пустой породы (галита). Содержание хлористого калия (*KCl*) и нерастворимого остатка (*НО*) в слоях колеблется в широких пределах. К тому же может применяться как валовая (совместная) выемка слоев сильвинита и галита, так и селективная (раздельная) выемка этих слоев. Поэтому качество руды (содержание *KCl* и *НО*) при подготовке и отработке выемочных столбов на различных участках шахтных полей существенно отличается.

После выдачи руды на поверхность она обогащается на обогатительных фабриках. При этом для эффективной работы фабрик на них должна постоянно поступать руда со стабильным содержанием *KCl* и *НО*.

Для усреднения качества руды на калийных рудниках применяются подземные аккумулялирующие емкости, обустройстваемые вблизи стволов, а также ведется автоматизированное управление грузопотоками по выработкам магистральных (главных) направлений.

II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Перечень тем практических занятий

- 1 Выбор технологической схемы отработки панели.
- 2 Определение размеров целиков для охраны подготовительных выработок.
- 3 Определение ширины панели.
- 4 Выбор технологии проведения подготовительных выработок.
- 5 Построение суточного графика организации очистных работ в лаве.
- 6 Расчет объемов добычи руды из подготовительных выработок и очистного забоя.
- 7 Расчет содержания KCl в руде из подготовительных выработок и очистного забоя.
- 8 Оценка соответствия несущей способности и кинематических параметров забойной крепи горно-геологическим условиям ее применения.
- 9 Расчет извлекаемых запасов руды и полезного компонента по панели.

2.2 Методические указания по выполнению курсового проекта

Основные задачи курсового проекта по учебной дисциплине «Подземные горные работы»:

- систематизация, расширение и закрепление знаний по дисциплине;
- выработка навыков практического использования теоретических знаний при выборе технологических схем очистной выемки, определении параметров очистных и подготовительных работ, расчете силовых и кинематических параметров забойной крепи;
- развитие навыков самостоятельной работы с научно-технической и справочной литературой.

Содержание и объем работы

Курсовой проект состоит из:

- пояснительной записки на 30-35 страницах (формат листа А4), включая рисунки и таблицы;
- графической части на 1 листе чертежа формата А3 или А4.

Пояснительная записка должна содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на курсовой проект;
- 3) содержание;
- 4) введение;

- 5) основную часть;
- 6) заключение;
- 7) список использованных источников;
- 8) свободный лист для замечаний руководителя курсового проектирования;
- 9) графическую часть.

Титульный лист курсового проекта оформляется по форме согласно ПРИЛОЖЕНИЯ А. Титульный лист включается в общее количество страниц, но номер страницы не проставляется.

Задание на курсовой проект утверждается заведующим кафедрой.

Индивидуальное задание на курсовой проект студент получает от руководителя проекта, в котором указаны следующие исходные данные:

- рудник и рудоуправление;
- горизонт, панель;
- вид работ;
- качественная характеристика калийного пласта в районе проектируемого участка;
- тип непосредственной и основной кровли калийного пласта на обрушаемость.

Содержание помещают сразу после задания на курсовой проект. В содержании включают заголовки всех частей пояснительной записки, в том числе разделов и подразделов, приложений.

Введение помещают на отдельной странице. Введение должно быть кратким и четким, не должно быть общих мест и отступлений, непосредственно не связанных с разрабатываемой темой.

Основная часть должна состоять из следующих разделов:

- | | |
|--|----------------|
| 1 ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ | ХАРАКТЕРИСТИКА |
| РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УЧАСТКА..... | |
| 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОТРАБОТКИ КАЛИЙНОГО ПЛАСТА | |
| 3 ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ..... | |
| 3.1 Подготовка панели и технология проведения подготовительных | |
| выработок..... | |
| 3.2 Техническая характеристика основного оборудования для | |
| проведения подготовительных выработок..... | |

3.3 Расчет добычи руды из подготовительных выработок и содержания <i>KCl</i> в добываемой руде.....
4 ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ.....
4.1 Технология очистной выемки.....
4.2 График организации очистных работ в лаве.....
4.3 Характеристика основного оборудования механизированного комплекса.....
4.4 Оценка соответствия основных силовых и кинематических параметров забойной механизированной крепи условиям применения.....
4.5 Содержание <i>KCl</i> и <i>NO</i> в руде из очистных работ.....
5 ИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ РУДЫ И ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА ПО ПАНЕЛИ.....

Заключение пишут на отдельной странице. В заключении необходимо перечислить основные результаты, характеризующие степень достижения целей курсового проекта и подытоживающие его содержание, а также основные направления совершенствования столбовой системы разработки на Старобинском месторождении и главные условия повышения производительности труда при добыче калийных солей и улучшения технико-экономических показателей работы рудников ОАО «Беларуськалий».

В графической части приводится чертеж, на котором необходимо представить план лавы с продольным и поперечными сечениями, расстановку добычного оборудования, суточный график организации очистных работ в лаве.

При выполнении курсового проекта предлагаемые технические решения должны обосновываться и приниматься с учетом действующих на Старобинском месторождении нормативных документов и анализа накопленного на рудниках ОАО «Беларуськалий» опыта ведения очистных и горно-подготовительных работ.

1 ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УЧАСТКА

Здесь в соответствии с заданием на курсовой проект дать в виде таблицы 1.1 полную качественную характеристику слоев, слагающих калийный пласт, а также пород кровли и почвы пласта на разрабатываемом участке.

Таблица 1.1– Качественная характеристика слоев пласта и вмещающих пород

Наименование слоя	Мощность слоя, м	Содержание, %	
		<i>KCL</i>	<i>NO</i>
Второй пласт			
Кровля пласта			
Сильвинитовый слой 2			
Средний галитовый слой 1-2			
Нижний сильвинитовый слой 1			
Почва пласта			
Итого по 1, 1-2, 2			
Третий пласт			
Сильвинитовый слой 6			
Галитовый слой 5-6			
Сильвинитовый слой 5			
Галитовый слой 4-5			
Сильвинитовый слой 4			
Галитовый слой 3-4			
Сильвинитовый слой 3			
Галитовый слой 2-3			
Сильвинитовый слой 2			
Галитовый слой 1-2			
Сильвинитовый слой 1			

В таблице 1.2 привести данные, характеризующие условия залегания пласта на разрабатываемом участке.

Таблица 1.2 – Условия залегания пласта

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
Глубина залегания	м	
Угол падения	градус	
Крепость по М.М. Протоdjяконову		
Объемный вес	$\frac{m}{M^3}$ $\frac{кН}{M^3}$	

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ОТРАБОТКИ КАЛИЙНОГО ПЛАСТА

При выборе технологической схемы отработки панели столбовой системой разработки и определении ее параметров должны обеспечиваться:

- условия сохранения водозащитной толщи;
- безопасные условия труда;
- безопасная эксплуатация подрабатываемых объектов при максимально возможном извлечении полезного ископаемого из недр;
- высокие технико-экономические показатели.

В зависимости от конкретных горно-геологических и горнотехнических условий при столбовой системе разработки могут применяться различные технологические схемы с разделением пластов на слои (слоевая выемка) с общей и отдельной подготовкой слоевых лав и без деления на слои (валовая, селективная и частично-селективная выемка одной лавой на всю мощность пластов), с управлением кровлей полным обрушением и частичной закладкой выработанного пространства разрушенной породой, попутно добываемой при селективной (частично-селективной) выемке пластов.

С учетом изложенных выше признаков технологические схемы при столбовой системе разработки Первого, Второго и Третьего калийных пластов могут быть разделены на следующие классы:

1 – валовая выемка Первого калийного пласта или слоев 4, 4-5, 5 (без отработки сильвинитового слоя 3), Второго калийного пласта и слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта (без отработки сильвинитового слоя 4) или слоев 3, 3-4 и 4 (без отработки сильвинитового слоя 2) с полным обрушением кровли;

2 – селективная выемка Первого, Второго калийных пластов и слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта (без отработки сильвинитового слоя 4) или слоев 3, 3-4 и 4 (без отработки сильвинитового слоя 2) с закладкой разрушенного галита в выработанное пространство лав в виде породных полос;

3 – слоевая селективная выемка Второго калийного пласта с полным обрушением кровли при общей подготовке слоевых лав;

4 – слоевая выемка Третьего калийного пласта с отработкой сильвинитового слоя 4 верхней лавой и валовой отработкой слоев 2, 2-3 и 3 нижней лавой и полным обрушением кровли при отдельной подготовке слоевых лав;

5 – слоевая выемка Третьего калийного пласта с отработкой сильвинитового слоя 4 верхней лавой, с селективной отработкой слоев 2, 2-

3 и 3 нижней лавой и закладкой разрушенного галита в выработанное пространство в виде породных полос при отдельной подготовке слоевых лав;

6 – одиночная выемка сильвинитовых слоев 1 или 2 на Втором калийном пласте и сильвинитовых слоев 2, 3 или 4 на Третьем калийном пласте при недостаточной мощности водозащитной толщи, выклинивании пластов или замещении сильвинита в слоях галитом.

Технологическая схема столбовой системы разработки на конкретном участке шахтного поля должна выбираться по приведенной выше классификации.

Подготовка выемочных столбов для столбовой системы разработки должна осуществляться по панельной схеме. Допускается применение других схем подготовки в зависимости от конфигурации и раскройки шахтного поля.

Параметры подготовки и отработки панелей (выемочных столбов) должны определяться исходя из конкретных горно-геологических условий с учетом выбранной технологической схемы, применяемого оборудования и устойчивости подготовительных выработок.

На рисунке 2.1 привести выбранную технологическую схему отработки калийного пласта, а в таблице 2.1 дать основные горнотехнические параметры, характеризующие технологическую схему.

Таблица 2.1 – Горнотехнические параметры технологической схемы отработки калийного пласта

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
1	2	3
Система разработки	м	
Способ подготовки		
Способ управления кровлей		
Порядок отработки панели		
Опережение очистных работ в смежных столбах ($l_{оп}$)	м	
Длина панели (L)	м	
Длина выемочного столба (L')	м	
Ширина межпанельного целика (a) – рисунок 2.1	м	
Ширина панели (B)	м	
Длина лавы ($l_л$)	м	

1	2	3
Высота лавы (вынимаемая мощность) с учетом прирезки кровли пласта (0,05 м) – m_d	м	

Примечания

1 Охрана выработок главного направления осуществляется целиком шириной 150 м, поэтому длина выемочного столба $L' = 3500 - 150 = 3350$ м;

2 Ширина панели (B) рассчитывается после определения по рисунку 2.2 размера межпанельного целика (a) и включает в себя кроме этого целика ширину выемочного столба и ширину всех подготовительных выработок и целиков между ними.

Во всех технологических схемах подготовки и отработки панелей с оставлением межпанельного целика (a) для охраны бортового штрека лавы на границе с обрабатываемой смежной панелью (смотри рисунок 2.1) его ширина определяется по графикам рисунка 2.2 в зависимости от условий поддержания подготовительных выработок (таблица рисунка 2.2). Материал рисунка 2.2 справедлив для случаев, когда величина опережения очистных работ в смежных выемочных столбах не превышает 500 м.

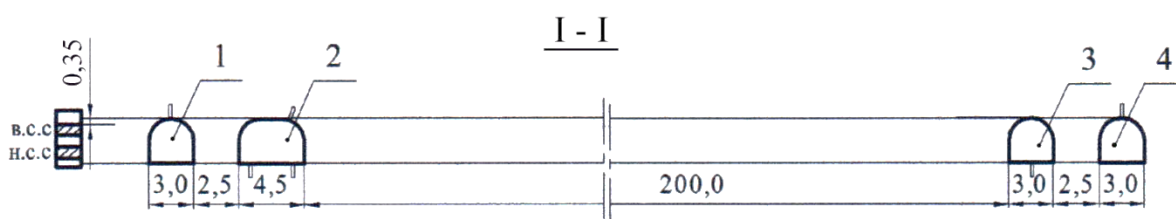
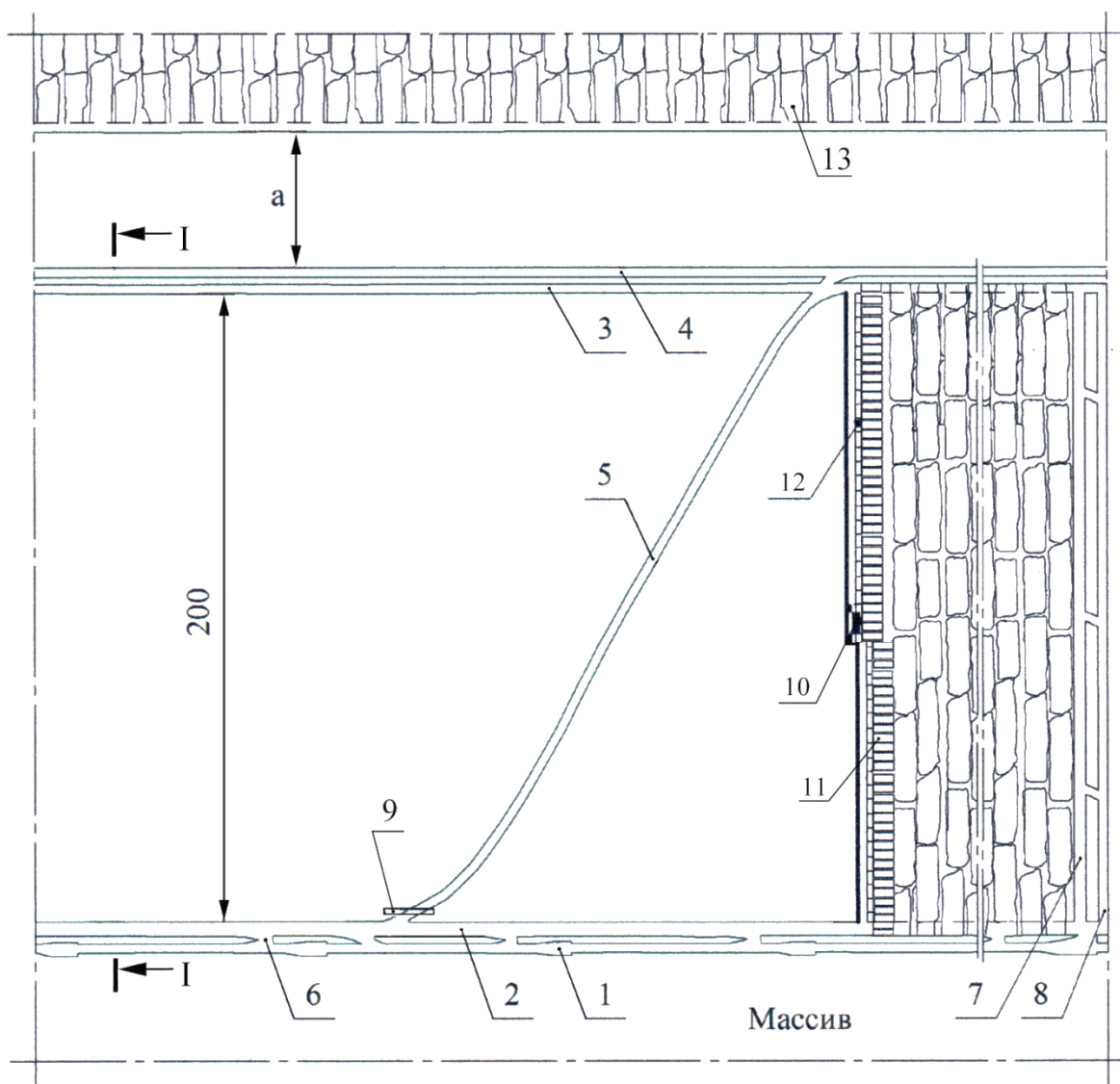
При величине опережения свыше 500 м размеры целиков увеличиваются на 25 % по сравнению с графиками рисунка 2.2.

В случае расположения в контуре охранного целика (a) закладочных и других вспомогательных выработок, пройденных на всю длину панели параллельно бортовому штреку лавы, размер целика следует увеличивать на суммарную ширину этих выработок.

При проведении бортового штрека лавы (обычно вентиляционного) вприсечку к выработанному пространству смежной лавы ширина целика (a) определяется в зависимости от глубины разработки (H) по формуле:

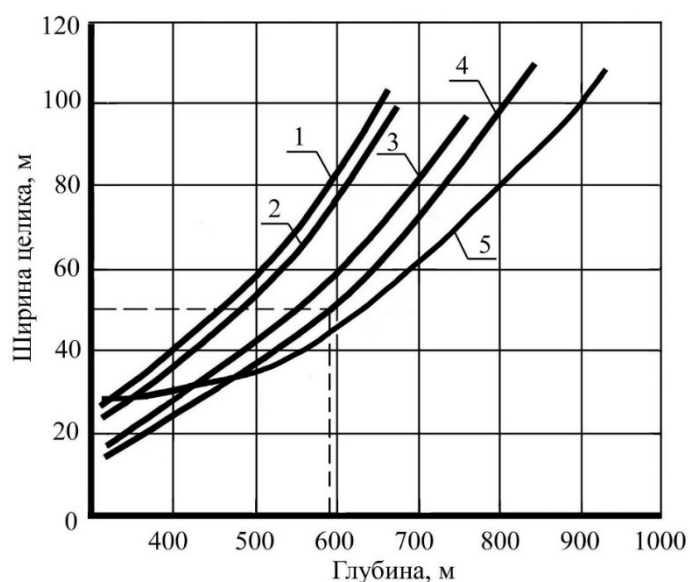
$$a = 0,0107H - 0,000003H^2 - 1,43, \text{ м.} \quad (2.1)$$

При прямом или комбинированном порядках отработки выемочных столбов в панели необходимо оставление внутрипанельного целика (b), ширина которого с учетом проведенных в целике технологических выработок, а также длительного срока службы панельных выработок увеличивается на 60 % по сравнению с графиками рисунка 2.2.



1 – панельный конвейерный штрек; 2, 3 – конвейерный и вентиляционный штреки лавы; 4 – разгружающая выработка; 5 – вспомогательная (технологическая) выработка; 6 – конвейерная сбойка; 7, 8 – монтажный и вспомогательный монтажный штреки лавы; 9 – вентиляционная перемычка; 10 – очистной комбайн; 11 – забойная крепь; 12 – забойный конвейер; a – межпанельный целик; 13 – смежная панель, обрабатываемая с опережением по отношению к проектируемой свыше 500 м

Рисунок 2.1 – Пример технологической схемы валовой выемки Второго калийного пласта с обратным порядком отработки выемочного столба



Номер графиков на рисунке	Характеристика условий поддержания подготовительных выработок	
1	Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, разгружающую выработку, бортовой штрек лавы	
2	Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы	
3	Группа сближенных выработок, включающая панельные конвейерный и транспортный штреки, бортовой штрек лавы, охраняемый тремя компенсационными щелями	
4	Группа сближенных выработок, включающая разгружающую выработку и бортовой штрек лавы	
5	Одиночная выработка без мер охраны	

Рисунок 2.2 – Графики для выбора размеров охранных целиков (a) при поддержании выработок на границе со смежной отрабатываемой панелью

Прямым порядком отработки выемочного столба в панели называется его отработка от выработок главного направления к границе шахтного поля или к границе панели.

Комбинированным порядком отработки выемочных столбов в панели называется такой порядок, когда отработка одного выемочного столба лавой начинается прямым порядком до границы шахтного поля или границы панели, а затем после разворота лавы на 180° отработка второго выемочного столба ведется обратным порядком.

Ширина целика (c) для охраны панельных выработок при выемке Третьего пласта с разделением на слои и отдельной подготовке слоевых лав или комбинированной системой:

– при опережении очистных работ в слоях свыше 400 м принимается по таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Выбор ширины целиков для охраны панельных выработок

Глубина разработки (H), м	400	500	600	700	800	900
Ширина целика (c), м	25	35	45	55	65	75

– при опережении очистных работ в слоях свыше 400 м и менее, и глубине разработки не более 800 м, приведенные в таблице 2.2 размеры целиков (c) уменьшаются на 30 %.

Ширина ленточных целиков между панельными выработками и спаренными выработками выемочного столба (между конвейерным и транспортным штреками) должна приниматься не менее:

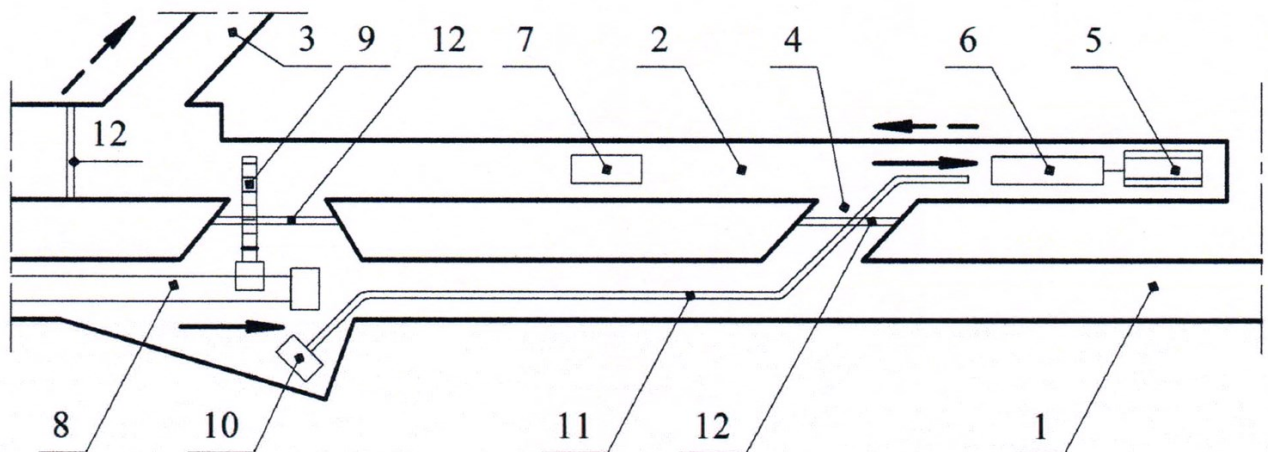
- на глубине 400-600 м – 3,0 м;
- 600-800 м – 5,0 м;
- более 800 м – 10,0 м.

3 ГОРНО-ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

3.1 Подготовка панели и технология проведения подготовительных выработок

Применительно к рисунку 2.1 подготовка панели осуществляется с выработок главного направления. В первую очередь проводятся панельный конвейерный штрек (1) и конвейерный штрек (2) лавы с выполнением через каждые 80 м конвейерных сбоек между ними. По мере проведения данных выработок через каждые 300-500 м по длине выемочного столба нарезаются вспомогательные выработки (5) для проведения вентиляционного штрека (3) лавы с разгружающей выработкой (4). Для проветривания очистного забоя подается свежий воздух по панельному конвейерному штреку лавы (1), а сброс исходящей струи осуществляется по вентиляционному штреку лавы (3).

В соответствии с технологической схемой рисунка 2.1 привести рисунок 3.1 и описать технологию проведения панельного конвейерного штрека (1) с конвейерным штреком (2) лавы.



- 1 – панельный конвейерный штрек; 2 – конвейерный штрек лавы;
3 – вспомогательная выработка; 4 – конвейерная сбойка; 5 – комбайн;
6 – бункер-перегрузатель; 7 – самоходный вагон; 8 – ленточный конвейер;
9 – скребковый конвейер; 10 – вентилятор местного проветривания;
11 – став вентиляционных труб; 12 – парусная перемычка

Рисунок 3.1 – Пример технологической схемы проведения подготовительных выработок с расположением оборудования

Для приведенной на рисунке 3.1 технологической схемы проведение выработок начинается с проходки панельного конвейерного штрека (1) на длину откатки (300-500 м), а также конвейерных сбоек (4) через каждые 80 м и

очередной вспомогательной выработки (3) с отгрузкой руды самоходным вагоном на ленточный конвейер (8). Затем комбайн отгоняется и заходит в забой конвейерного штрека (2) лавы. Руда от комбайна (5) поступает в бункер-перегрузатель (6), из которого выгружается в самоходный вагон (7). Самоходный вагон транспортирует руду до скребкового конвейера (9) и разгружается на него. От скребкового конвейера руда попадает на ленточный конвейер (8), смонтированный в панельном конвейерном штреке, а затем на магистральный конвейер. В это время на пройденном участке панельного конвейерного штрека монтируется ленточный конвейер.

Подача свежего воздуха в забой конвейерного штрека лавы осуществляется вентилятором местного проветривания (10) по гибкому ставу вентиляционных труб (11). Загрязненный воздух движется по конвейерному штреку лавы и по вспомогательной выработке попадает на вентиляционный штрек лавы. Для разделения свежей и загрязненной струй воздуха сооружаются временные парусные перемычки (12). После проходки конвейерного штрека лавы на 300-500 м комбайн отгоняется, расширяет пройденный участок штрека до 4,5 м, а затем после очередного отгона по ближайшей конвейерной сбойке заходит в панельный конвейерный штрек для продолжения его проходки. Скребковый конвейер (9) перемонтируется в новую конвейерную сбойку (4), расположенную ближе всех от забоя конвейерного штрека лавы.

Далее написать состав проходческой бригады, количество звеньев, график работы.

3.2 Техническая характеристика основного оборудования для проведения подготовительных выработок

Дать в виде таблицы 3.1 техническую характеристику принятого в проекте проходческого комбайна, бункер-перегрузателя и самоходного вагона.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика оборудования для проведения подготовительных выработок

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
1	2	3
Комбайн (тип)		
Производительность	т/мин	
Размеры сечения выработок:		
– высота	м	
– ширина		

1	2	3
Площадь сечения выработки	м ²	
Угол наклона проходимой выработки	град.	
Скорость движения: – маневровая – рабочая	м/час	
Клиренс	мм	
Питающее напряжение	В	
Суммарная мощность электродвигателей	кВт	
Число электродвигателей	шт.	
Тип подающего механизма		
Основные размеры: – длина – ширина (по гусеничному ходу) – высота	мм	
Масса	т	
Бункер-перегрузатель (тип)		
Грузоподъемность	т	
Вместимость	м ³	
Высота разгрузочной части по нижней кромке рамы	мм	
Радиус поворота	мм	
Дорожный просвет	мм	
Продолжительность разгрузки	сек.	
Мощность электродвигателя	кВт	
Основные размеры: – длина – ширина – высота	мм	
Масса	кг	
Самоходный вагон (тип)		
Грузоподъемность	т	
Вместимость кузова: – без дополнительных бортов – с дополнительными бортами	м ³	
Вместимость кабельного барабана	м	
Ширина колеи	мм	
Высота разгрузки	мм	
Дорожный просвет	мм	

1	2	3
Основные размеры: – длина – ширина – высота	мм	
Установленная мощность	кВт	
Скорость движения цепи	м/сек	

3.3 Расчет добычи руды из подготовительных выработок и содержания *KCl* в добываемой руде

Расчет добычи руды и содержания *KCl* ведется для каждой подготовительной выработки в соответствии с принятой в проекте технологической схемой подготовки и отработки панели.

Исходные данные для расчета и результаты расчета заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Добыча руды и содержание *KCl* из горно-подготовительных работ

Наименование выработки (рисунок 2.1)	Площадь сечения, $S_{пл}, м^2$	Длина, $l, м$	Количество, шт	Суммарная длина, $l_{сум}, м$	Объем выработки, $м^3$		Добыча руды, $т$		Содержание в <i>KCl</i> добываемой руде, $KCl, \%$
					всего, $V_{выр.}$	в том числе по породе, $V_{пор.}$	всего, $D_{выр.}$	в том числе по породе, $D_{пор.}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Панельный конвейерный штрек	8,03								
Конвейерный штрек лавы	12,04								
Вентиляционный штрек лавы	8,03								
Разгружающая выработка	8,03								
Вспомогательные выработки	8,03								

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Конвейерные сбойки	8,03								
Монтажный штрек	12,04	равна длине лавы	1						
Вспомогательный монтажный штрек	8,03	равна длине лавы	1						
Итого по ГПР							$D_{\text{гпр}} =$	$\Pi_{\text{гпр}} =$	$\alpha_{\text{KCl}}^{\text{гпр}} =$

В таблице 3.2 данные для граф 1-5, берутся из выбранной технологической схемы (в данном случае из рисунка 2.1). Для заполнения граф 6-10 для каждой выработки (если они имеют различную привязку к пласту) рисуется полное сечение выработки ($S_{\text{п}}$), в котором выделяются сечения S_1, S_2, S_3 и так далее в соответствии с расположением выработки.

На рисунке 3.2 в качестве примера показано полное сечение выработки ($S_{\text{п}}$), пройденной одним ходом комбайна типа ПКС-8 с выделением площадей сечений $S_1 - S_5$ в соответствии с выданными в задании на курсовой проект мощностями силвинитовых и галитовых слоев. Так как в принятой в курсовом проекте технологической схеме все выработки пройдены с одной и той же привязкой их к пласту, а именно – с прихватом 0,35 м кровли пласта, то других полных сечений выработок рисовать не требуется и расчетов объемов добычи руды и содержания в них KCl выполнять не надо.

Объем всей выработки и объем пустой породы (смотри рисунок 3.2) в каждой выработке (графы 6 и 7) равны:

$$\left. \begin{aligned} V_{\text{выр}} &= l_{\text{сум}} \cdot (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5), \text{ м}^3 \\ V_{\text{пор}} &= l_{\text{сум}} \cdot (S_1 + S_5), \text{ м}^3 \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

где $l_{\text{сум}}$ – суммарная длина выработки, м (графа 5).

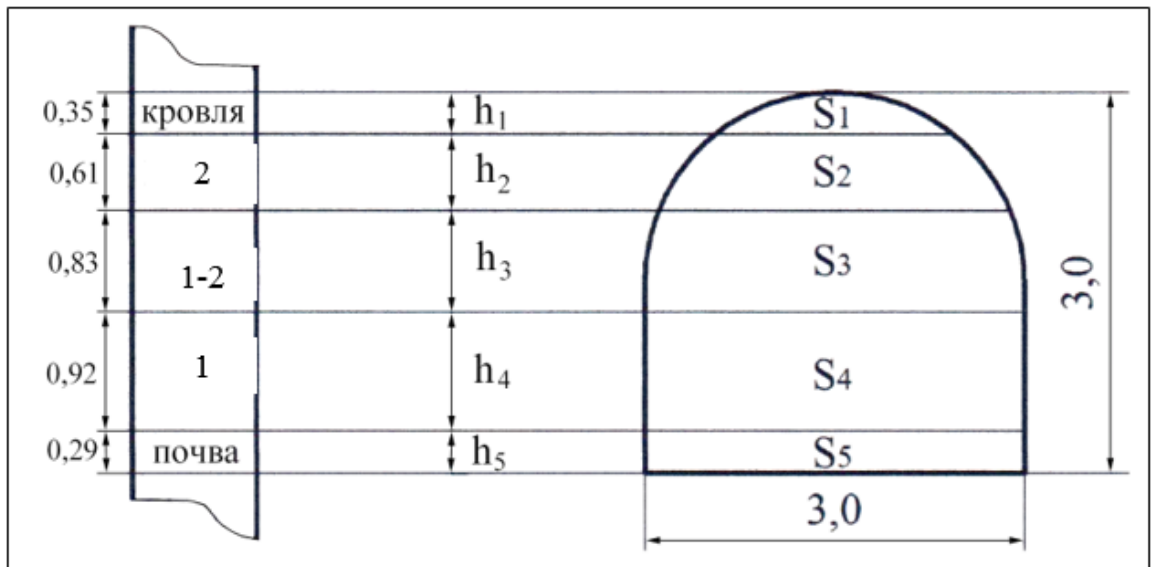


Рисунок 3.2 – К расчету объема добычи и качества руды из подготовительной выработки

Определение площадей сечений выработки $S_1 - S_5$ производится по таблице 3.3. Например, для рисунка 3.2 имеем:

$$h_1 = 0,35 \text{ м, } S_1 = 0,46 \text{ м}^2;$$

$$h_2 = 0,61 \text{ м, для } h_1 + h_2 = 0,96 \text{ м; } S = 1,95 \text{ м}^2, \text{ а}$$

$$\text{для } h_2 = 0,61 \text{ м, } S_2 = 1,95 - 0,46 = 1,49 \text{ м}^2;$$

$$h_3 = 0,83 \text{ м, для } h_1 + h_2 + h_3 = 1,79 \text{ м; } S = 4,40 \text{ м}^2, \text{ а}$$

$$\text{для } h_3 = 0,83 \text{ м, } S_3 = 4,40 - 1,95 = 2,45 \text{ м}^2;$$

$$h_4 = 0,92 \text{ м, для } h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 2,71 \text{ м; } S = 7,16 \text{ м}^2, \text{ а}$$

$$\text{для } h_4 = 0,92 \text{ м, } S_4 = 7,16 - 4,40 = 2,76 \text{ м}^2;$$

$$h_5 = 0,29 \text{ м, для } h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = 3,0 \text{ м; } S = 8,03 \text{ м}^2, \text{ а}$$

$$\text{для } h_5 = 0,29 \text{ м, } S_5 = 8,03 - 7,16 = 0,87 \text{ м}^2.$$

Проверка правильности выполненных действий осуществляется сложением всех площадей $S_1 - S_5$, которые должны дать полное сечение выработки – $S_{\text{п}}$.

$$\sum_1^5 S_1 - S_5 = 0,46 + 1,49 + 2,45 + 2,76 + 0,87 = 8,03 \text{ м}^2 = S_{\text{п}}.$$

Для подготовительных выработок с площадью поперечного сечения, большей $8,03 \text{ м}^2$, подсчет сечений $S'_1, S'_2 \dots S'_n$ ведется по формуле:

$$S'_{1-5} = S_{1-5} \cdot \frac{S'_n}{8,03}, \text{ м}^2, \quad (3.2)$$

Таблица 3.3 – Определение площадей сечения выработки ($S_1, S_2 \dots S_n$) для комбайна ПК-8М (ПКС-8)

h	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24
S	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,16	0,17	0,19	0,21	0,22	0,23	0,25	0,26
h	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
S	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68	0,70	0,73
h	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72
S	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,93	0,95	0,97	1,00	1,03	1,06	1,08	1,10	1,12	1,15	1,17	1,20	1,23	1,25	1,27	1,30
h	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96
S	1,32	1,35	1,38	1,40	1,42	1,45	1,48	1,51	1,54	1,56	1,59	1,62	1,64	1,67	1,70	1,72	1,75	1,78	1,80	1,83	1,86	1,89	1,92	1,95
h	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
S	1,97	2,00	2,03	2,06	2,09	2,12	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	2,38	2,40	2,43	2,46	2,49	2,52	2,55	2,58	2,61	2,64
h	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,39	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44
S	2,66	2,69	2,72	2,75	2,78	2,81	2,84	2,87	2,90	2,93	2,96	2,99	3,02	3,05	3,08	3,11	3,14	3,17	3,20	3,23	3,26	3,29	3,32	3,35
h	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49	1,50	1,51	1,52	1,53	1,54	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67	1,68
S	3,38	3,41	3,44	3,47	3,50	3,53	3,56	3,59	3,62	3,65	3,68	3,71	3,74	3,77	3,80	3,83	3,86	3,89	3,92	3,95	3,98	4,01	4,04	4,07
h	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80	1,81	1,82	1,83	1,84	1,85	1,86	1,87	1,88	1,89	1,90	1,91	1,92
S	4,10	4,13	4,16	4,19	4,22	4,25	4,28	4,31	4,34	4,37	4,40	4,43	4,46	4,49	4,52	4,55	4,58	4,61	4,64	4,67	4,70	4,73	4,76	4,79
h	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00	2,01	2,02	2,03	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16
S	4,82	4,85	4,88	4,91	4,94	4,97	5,00	5,03	5,06	5,09	5,12	5,15	5,18	5,21	5,24	5,27	5,30	5,33	5,36	5,39	5,42	5,45	5,48	5,51
h	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27	2,28	2,29	2,30	2,31	2,32	2,33	2,34	2,35	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40
S	5,54	5,57	5,60	5,63	5,66	5,69	5,72	5,75	5,78	5,81	5,84	5,87	5,90	5,93	5,96	5,99	6,02	6,05	6,08	6,11	6,14	6,17	6,20	6,23
h	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50	2,51	2,52	2,53	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,60	2,61	2,62	2,63	2,64
S	6,26	6,29	6,32	6,35	6,38	6,41	6,44	6,47	6,50	6,53	6,56	6,59	6,62	6,65	6,68	6,71	6,74	6,77	6,80	6,83	6,86	6,89	6,92	6,95
h	2,65	2,66	2,67	2,68	2,69	2,70	2,71	2,72	2,73	2,74	2,75	2,76	2,77	2,78	2,79	2,80	2,81	2,82	2,83	2,84	2,85	2,86	2,87	2,88
S	6,98	7,01	7,04	7,07	7,10	7,13	7,16	7,19	7,22	7,25	7,28	7,31	7,34	7,37	7,40	7,43	7,46	7,49	7,52	7,55	7,58	7,61	7,64	7,67
h	2,89	2,90	2,91	2,92	2,93	2,94	2,95	2,96	2,97	2,98	2,99	3,00												
S	7,70	7,73	7,76	7,79	7,82	7,85	7,88	7,91	7,94	7,97	8,00	8,03												
Примечание – отсчет высоты выработки (h) ведется сверху вниз																								

где S'_{1-5} – площади сечений выработки с бóльшим, чем $8,03 \text{ м}^2$ полным сечением, м^2 ;

S_{1-5} – площади сечений выработки с полным сечением, $S_{\text{п}} = 8,03 \text{ м}^2$;

S'_n – вся площадь поперечного сечения выработки с бóльшим, чем $8,03 \text{ м}^2$ сечением, м^2 .

Например, у конвейерного штрека лавы шириной $4,5 \text{ м}$, $S'_n = 12,04 \text{ м}^2$. По выполненным на странице 15 расчетам $S_1 = 0,46 \text{ м}^2$ (при высоте сечения $h_1 = 0,35 \text{ м}$). Тогда

$$S'_1 = 0,46 \cdot \frac{12,04}{8,03} = 0,69 \text{ м}^2.$$

Таким же образом рассчитываются сечения $S'_2 \dots S'_5$. При этом сумма всех сечений ($S'_1, S'_2 \dots S'_5$) должна составить $S_n = 12,04 \text{ м}^2$.

После подсчета по формуле 3.1 $V_{\text{выр.}}$ и $V_{\text{пор.}}$ в каждой из подготовительных выработок, рассчитывается добыча руды ($D_{\text{выр.}}$) и добыча пустой породы ($D_{\text{пор.}}$) из выработок по формулам:

$$D_{\text{выр.}} = V_{\text{выр.}} \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (3.3)$$

$$D_{\text{пор.}} = V_{\text{пор.}} \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (3.4)$$

где $V_{\text{выр.}}$ и $V_{\text{пор.}}$ – объем всей выработки и объем пустой породы в выработке соответственно, м^3 ;

γ – объемный вес руды и породы, $\gamma = 2,1 \text{ т/м}^3$.

Полученные данные заносятся в графы 8 и 9 таблицы 3.2.

Содержание KCl в руде, добываемой из каждой подготовительной выработки, рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{KCl}^{\text{выр.}} = \frac{\alpha_{KCl1}^{\text{выр.}} \cdot S_1 + \alpha_{KCl2}^{\text{выр.}} \cdot S_2 + \dots + \alpha_{KCl5}^{\text{выр.}} \cdot S_5}{S_1 + S_2 + \dots + S_5} (1 - K_p^{\text{выр.}}), \%, \quad (3.5)$$

где $\alpha_{KCl1}^{\text{выр.}}, \alpha_{KCl2}^{\text{выр.}}, \dots, \alpha_{KCl5}^{\text{выр.}}$ – содержание KCl (таблица 1.1) в площадях сечений выработки $S_1, S_2 \dots S_n$ (рисунок 3.2);

$K_p^{\text{выр.}}$ – коэффициент разубоживания руды при проходке выработки, доли ед., $K_p^{\text{выр.}} = 0,03$.

Результаты расчетов заносятся в графу 10 таблицы 3.2.

Таблица 3.2 заканчивается итоговыми цифрами по графам 8, 9, 10.

Средневзвешенное содержание KCl в руде, добываемой из ГПР ($\alpha_{KCl}^{\text{гпр}}$) – графа 10, рассчитывается по формуле:

$$\alpha_{KCl}^{\text{гпр}} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i^{\text{выр.}} \cdot \alpha_{iKCl}^{\text{выр.}}}{\sum_{i=1}^n D_i^{\text{выр.}}}, \%, \quad (3.6)$$

где $D_i^{\text{выр.}}$ – добыча руды из каждой подготовительной выработки, т;

$\alpha_{iKCl}^{\text{выр.}}$ – содержание KCl в руде, добываемой из каждой подготовительной выработки, %.

4 ОЧИСТНЫЕ РАБОТЫ

4.1 Технология очистной выемки

На рисунке 4.1 листа формата А3 или А4 привести:

- план лавы;
- продольное сечение лавы, включая сопряжения со штреками;
- три поперечных сечения лавы (до прохода комбайна, при проходе комбайна и после прохода комбайна или перед его отгоном);
- суточный график организации очистных работ в лаве.

На плане и сечениях показать оборудование механизированного комплекса (комбайн, забойную крепь, забойный конвейер, крепь сопряжений лавы со штреками).

Очистная выемка в лаве ведется одним или двумя комбайнами. При наличии в лаве одного комбайна он может работать по односторонней или челноковой схемам. Очистной цикл по односторонней схеме работы комбайна с передвижкой крепи впереди комбайна (смотри рисунок 4.1) состоит из следующих операций:

- зарубка комбайна «косым заездом» на участке лавы длиной 25-30 м от вентиляционного штрека (ВШЛ);
- выемка полосы в направлении от вентиляционного к конвейерному штреку (КШЛ) с одновременной передвижкой забойной крепи впереди комбайна;
- передвижка эстакады с приводом забойного конвейера и крепи сопряжения на вентиляционном штреке;
- отгон комбайна с зачисткой просыпи руды на почве вынудой полосы;
- передвижка эстакады с приводом забойного конвейера и крепи сопряжения на конвейерном штреке;
- передвижка забойного конвейера на участке лавы длиной $l_{л}$ – (25-30) м, считая от конвейерного штрека.

При отгоне комбайн останавливается в 25-30 м от вентиляционного штрека для выполнения зарубки «косым заездом» на новую полосу. Для этого забойный конвейер на участке между комбайном и вентиляционным штреком задвигается к забою и комбайн начинает выемку руды на этом участке в направлении к вентиляционному штреку, постепенно увеличивая до 0,8 м ширину захвата соответственно изгибу конвейера. После вырубке верхнего режущего органа на вентиляционный штрек он опускается и производится выемка в обратном направлении оставленного уступа длиной 12-13 м, образующегося между бортом вентиляционного штрека и задним режущим органом комбайна. После выемки уступа заканчивается задвижка забойного конвейера по всей длине лавы и из образовавшейся от зарубки «косым

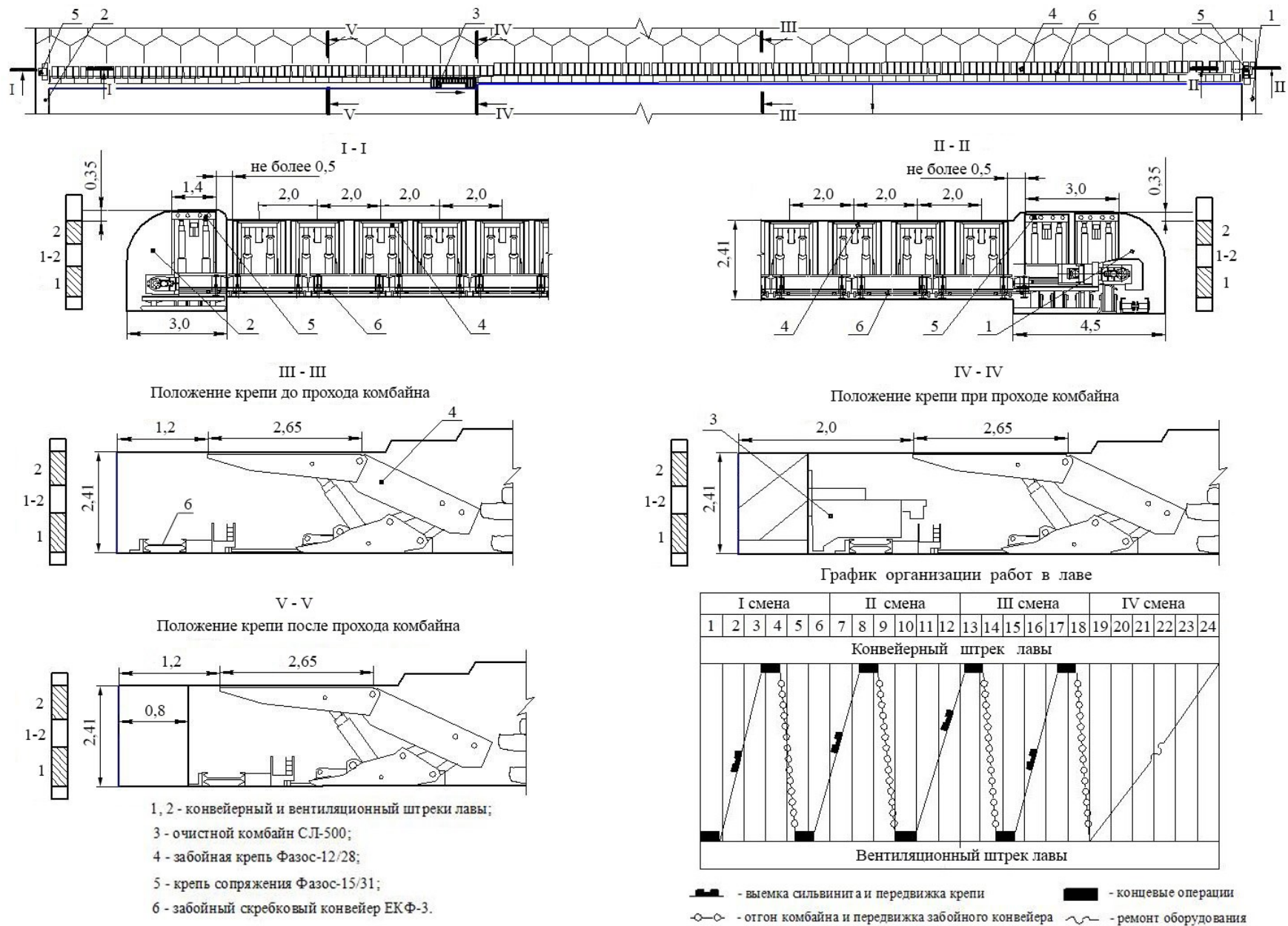


Рисунок 4.1 – Очистная выемка Второго калийного пласта валовой однокомбайновой лавой

заездом» ниши начинается выемка новой полосы. Последовательность выполнения операций по выемке уступа, образующегося в результате вырубки на конвейерный штрек опережающего шнека комбайна такая же, как и на вентиляционном штреке.

При челноковой схеме работы комбайна в очистном цикле отсутствует операция по отгону комбайна, так как выемка руды ведется как от ВШЛ к КШЛ, так и в противоположном направлении – от КШЛ к ВШЛ с одновременной передвижкой забойной крепи и забойного конвейера позади комбайна.

4.2 График организации очистных работ в лаве

Механизированный комплекс обслуживает бригада в составе 10 человек. Режим работы бригады четырехсменный, три смены добычные и одна – ремонтная. Продолжительность смены – 6 часов. В каждую смену работает звено из двух человек; машиниста горно-выемочных машин 7-го разряда и горнорабочего очистного забоя 6-го разряда. В ремонтную смену дополнительно выходит один электрослесарь и один крепильщик. Время работы комплекса по добыче – 18 часов в сутки, профилактическое обслуживание – в ремонтную смену (6 часов).

Пример построения графика организации очистных работ в лаве.

По нормам продолжительность выполнения комбайном СЛ-500 одного цикла очистных работ в лаве длиной 200 м составляет 270 мин и складывается из времени выполнения следующих операций:

- зарубка комбайна «косым заездом» – 20 мин;
- выемка руды с одновременной передвижкой забойной крепи – 130 мин;
- концевые операции у вентиляционного штрека – 35 мин, у конвейерного штрека – 45 мин;
- отгон комбайна и передвижка забойного конвейера – 40 мин.

Количество циклов (N) в сутки с учетом трех добычных смен составит:

$$N = \frac{T_c}{T_{\Pi}} = \frac{360 \cdot 3}{270} = 4 \text{ цикла}, \quad (4.1)$$

где T_c – время трех добычных смен, мин;

T_{Π} – продолжительность одного цикла очистных работ, мин.

Количество циклов в сутки можно определять другими способами, например, путем расчета суточной производительности комбайна ($Q_{\text{сут}}$):

$$Q_{\text{сут}} = \frac{N_{\text{уст}} \cdot t \cdot K_{\text{исп}}}{\Delta_p}, \text{ т/сут}, \quad (4.2)$$

где $N_{\text{уст}}$ – установленная мощность электродвигателей приводов, $N = 800$ кВт;

t – время добычных смен в сутки, $t = 18$ час;

$K_{исп}$ – коэффициент использования машинного времени, $K_{исп} = 0,35$;
 \mathcal{E}_p – энергоёмкость разрушения калийной руды, $\mathcal{E}_p = 1,4 \frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{т}}$.

$$Q_{сут} = \frac{800 \cdot 18 \cdot 0,35}{1,4} = 3600 \text{ т/сут.}$$

Выход руды с одной полосы ($D_{оч}$):

$$D_{оч}^{пол} = \ell_l \cdot m_l \cdot b_3 \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (4.3)$$

где ℓ_l – длина лавы, $\ell_l = 200$ м;

m_l – вынимаемая мощность, $m = 2,41$ м;

b_3 – ширина захвата комбайна, $b_3 = 0,8$ м;

γ – объемный вес руды, $\gamma = 2,1$ т/м³.

$$D_{оч}^{пол} = 200 \cdot 2,41 \cdot 0,8 \cdot 2,1 = 810 \text{ т.}$$

Количество циклов в сутки:

$$N = \frac{Q_{сут}}{D_{оч}^{пол}} = \frac{3600}{810} = 4,4 \text{ цикла.} \quad (4.4)$$

Принимаем с запасом 4 цикла в сутки.

По полученным данным продолжительности операций в цикле и количеству циклов строится график организации очистных работ в лаве, который приводится на рисунке 4.1.

4.3 Характеристика основного оборудования механизированного комплекса

В состав комплекса, используемого для механизации процессов очистной выемки и управления кровлей полным обрушением, входят:

- двухшнековый комбайн СЛ-500 – 1 шт.;
- забойный скребковый конвейер ЕКФ-3 – 1 шт.;
- штрековый конвейер СПШ-1-228 – 2 шт.;
- забойная крепь Фазос – 12/28 – 100 шт.;
- крепь сопряжения Фазос – 15/31 – 3 шт.;
- насосная станция СНН-150/30 – 2 шт.;
- холодильная установка РК-130 – 1 компл.;
- специальный кабелеукладчик – 1 компл.;
- электрооборудование – 1 компл.;
- гидропередвижчик УПШ-1700 – 2 («кривой» и «прямой»).

Приводится техническая характеристика комбайна, забойной крепи, крепи сопряжения, забойного скребкового конвейера.

Таблица 4.1 – Техническая характеристика основного оборудования механизированного комплекса

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
1	2	3
Комбайн (тип)		
Вынимаемая мощность	м	
Установленная мощность приводов	кВт	
Рабочее напряжение двигателя	В	
Высота комбайна от почвы пласта	мм	
Ширина захвата режущего органа	мм	
Диаметр шнеков	мм	
Подрубка почвы	мм	
Вес комбайна	кг	
Забойная крепь (тип)		
Количество секций крепи	шт.	
Количество гидростоек в секции	шт.	
Конструктивная высота крепи: – минимальная – максимальная	м	
Шаг установки секций крепи, S	м	
Шаг передвижки секций крепи	м	
Длина перекрытия секции крепи	м	
Ширина перекрытия секции крепи	м	
Ширина призабойного пространства, B_3	м	
Сопротивление гидростойки крепи: – при начальном распоре – при рабочем давлении, Q_c	кН	
Масса секции	кг	
Крепь сопряжения (тип)		
Количество секций крепи на конвейерном штреке	шт.	
Количество секций крепи на вентиляционном штреке	шт.	
Количество стоек в секции крепи	шт.	
Конструктивная высота крепи: – минимальная – максимальная	м	
Шаг передвижки секций крепи	м	

1	2	3
Длина перекрытия	м	
Ширина перекрытия	м	
Соппротивление секции крепи: – при начальном распоре крепи – при рабочем давлении	кН	
Забойный конвейер (тип)		
Производительность	т/час	
Длина конвейера	м	
Тяговый орган: – калибр цепи – количество цепей – скорость движения цепи – шаг установки скребков – разрывное усилие	мм шт м/сек мм кН	
Мощность электродвигателя	кВт	
Количество двигателей	шт.	
Напряжение	В	
Рештак: – длина – ширина – высота	мм	

4.4 Оценка соответствия основных силовых и кинематических параметров забойной механизированной крепи условиям применения

4.4.1 Основным силовым параметром забойной крепи является ее несущая способность (q_c), которая рассчитывается по формуле:

$$q_c = \frac{Q_c n K_n}{B_3 S}, \text{ кН/м}^2, \quad (4.5)$$

где Q_c – рабочее сопротивление стойки, кН – берется из технической характеристики крепи (смотри таблицу 4.1);

n – количество стоек в секции (комплекте), шт.;

K_n – безразмерный коэффициент, учитывающий угол наклона стоек крепи в зависимости от вынимаемой мощности пласта, определяется по формулам таблицы 4.2;

B_3 – ширина призабойного пространства (расстояние от забоя до завального конца перекрытия крепи), имеющего контакт с кровлей, м, берется:

– при слоевой и валовой выемке пластов – после снятия комбайном полосы полезного ископаемого при задвинутых к конвейеру секциях крепи;

– при селективной выемке Первого калийного пласта – после выемки 3 и 4 сильвинитовых слоев с погрузкой руды 5 сильвинитового слоя, передвижки забойных конвейера и крепи;

– при селективной выемке Второго калийного пласта – после выемки обоих слоев сильвинита, передвижки забойных конвейера и крепи;

– при селективной выемке слоев 2, 2-3 и 3 Третьего калийного пласта – после опережающей выемки сильвинита или галита, передвижки забойных конвейера и крепи;

S – шаг установки секций (комплектов) крепи в лаве, м.

Рассчитанное по формуле (4.5) значение (q_c) сравнивается со значением удельной нагрузки (q) от горного давления на крепь. Значения (q) принимаются в зависимости от технологической схемы выемки (смотри классификацию технологических схем на стр. 6 и 7).

В технологических схемах классов 1, 2 и 6:

– при мощности пластов до 1,5 м, включая концевые части лав по 4 сильвинитовому слою без крепи сопряжения на штреке – 250 кН/м²;

– при мощности пластов 1,5-3,0 м, включая тупиковые концевые части нижних лав при слоевой выемке Третьего калийного пласта с расположением концевых частей за пределами выработанного пространства верхних лав, тупиковые концевые части валовых лав по слоям 2,2-3 и 3 без их надработки лавой по 4 сильвинитовому слою и тупиковые концевые части лав при валовой выемке Второго калийного пласта – 300 кН/м².

Таблица 4.2 – Формулы для расчета коэффициента K_n по механизированным крепям с наклонным расположением стоек

Тип крепи	Формула для расчета K_n
1	2
К-1	$0,622 m_{\min} + 0,191$
Фазос-08/13	$0,329 m_{\min} + 0,557$
МХП-08/13,5	$0,755 m_{\min} - 0,056$
К-9 (08/13,5)	$0,704 m_{\min} + 0,028$
К-3.03 и всех ее модификаций	$0,064 m_{\min} + 0,899$
Фазос-09/15	$0,475 m_{\min} + 0,281$
МХП-09/15	$0,541 m_{\min} + 0,150$
К-9 (09/15) и всех ее модификаций	$0,532 m_{\min} + 0,196$
Фазос-09/15,5	$0,606 m_{\min} + 0,009$
К-3.01 и всех ее модификаций	$0,080 m_{\min} + 0,890$
К-14	$0,890 m_{\min} - 0,213 m_{\min}^2 + 0,060$

1	2
Фазос-12/28	$0,432 m_{\min} - 0,051 m_{\min}^2 + 0,143$
К-12 и всех ее модификаций	$0,347 m_{\min} - 0,072 m_{\min}^2 + 0,582$
К-8 и всех ее модификаций	$0,029 m_{\min} + 0,932$
МХП-14/22	$0,029 m_{\min} + 0,932$
Фазос-16/24	$0,018 m_{\min} + 0,955$
К-4 (16/24) и всех ее модификаций	$0,029 m_{\min} + 0,926$
МХП-16/25	$0,009 m_{\min} + 0,976$
К-4 (16/25)	$0,017 m_{\min} + 0,957$
К-6	$0,485 m_{\min} - 0,062 m_{\min}^2 + 0,057$
К-11 (20/32)	$0,024 m_{\min} + 0,918$
Примечание – m_{\min} – минимальная вынимаемая мощность пласта (слоя) в пределах выемочного столба, м	

В технологической схеме класса 3:

– 300 кН/м² для верхней и нижней лав.

В технологических схемах классов 4, 5 и 6:

– 250 кН/м² для верхних лав;

– для нижних лав при слоевой выемке Третьего калийного пласта, включая тупиковые концевые части при расположении их под выработанным пространством верхних лав – 550 кН/м².

При ширине призабойного пространства $B_3 > 4,2$ м все приведенные выше значения удельной загрузки (q) должны быть скорректированы в соответствии с зависимостью:

$$q_k = q + \frac{(B_3 - 4,0)^2}{0,0225}, \text{ кН/м}^2, \quad (4.6)$$

Забойная крепь может применяться (по силовым параметрам) для поддержания призабойного пространства лавы на проектируемой панели, если ее несущая способность (q_c) равна или больше удельной нагрузки (q , q_k), то есть:

$$q_c \geq q, q_k.$$

4.4.2 Основным кинематическим параметром забойной крепи является ее конструктивная высота, которая должна удовлетворять условиям:

$$H_{\min} \leq m_{\min}(1 - a l_3) - b - t_{\text{п}}, \text{ мм}, \quad (4.7)$$

$$H_{\max} \geq m_{\max}(1 - a l_{\text{п}}), \text{ мм}, \quad (4.8)$$

где H_{min} и H_{max} – минимальная и максимальная конструктивная высота секции крепи, мм;

m_{min} и m_{max} – минимальная и максимальная вынимаемая мощность пласта (слоя) в пределах выемочного столба, мм;

l_3 и l_{II} – расстояние от забоя до оси передней и задней стоек секции (комплекта) крепи, замеряемое по почве лавы или основанию крепи, м (для однорядной крепи $l_{II} = l_3$);

a – коэффициент опускания кровли, m^{-1} , принимаемый по результатам специальных исследований на Старобинском месторождении, $a = 0,015 m^{-1}$;

b – запас раздвижности стоек на разгрузку крепи от горного давления:

$b = 30$ мм – для пластов (слоев) мощностью до 1,5 м;

$b = 50$ мм – для пластов (слоев) мощностью 1,5 м и более;

t_{II} – суммарная толщина породной подушки под основанием и на перекрытии секции (комплекта) крепи:

$t_{II} = 35$ мм для пластов (слоев) мощностью до 1,5 м;

$t_{II} = 45$ мм для пластов (слоев) мощностью 1,5 м и более.

4.5 Содержание KCl и HO в руде из очистных работ

Расчет содержания KCl и HO в руде из очистных работ $\alpha_{KCl_1}^{оч}$, $\alpha_{HO}^{оч}$ производится по формулам:

$$\alpha_{KCl}^{оч} = \frac{\alpha_{KCl_1}^{оч} \cdot m_1 + \alpha_{KCl_2}^{оч} \cdot m_2 + \dots + \alpha_{KCl_n}^{оч} \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} (1 - K_p^{оч}), \%, \quad (4.9)$$

$$\alpha_{HO}^{оч} = \frac{\alpha_{HO_1}^{оч} \cdot m_1 + \alpha_{HO_2}^{оч} \cdot m_2 + \dots + \alpha_{HO_n}^{оч} \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} (1 + K_p^{оч}), \%, \quad (4.10)$$

где $\alpha_{KCl_1}^{оч}$, $\alpha_{KCl_2}^{оч}$, $\alpha_{KCl_n}^{оч}$ – содержание KCl в слоях пласта, %;

$\alpha_{HO_1}^{оч}$, $\alpha_{HO_2}^{оч}$, $\alpha_{HO_n}^{оч}$ – содержание HO в слоях пласта, %;

m_1, m_2, \dots, m_n – мощность сильвинитовых и галитовых слоев, а также мощность прирезаемого в кровле (почве) пласта слоя галита, м. Мощность прирезаемого слоя галита равна 0,02-0,05 м;

$K_p^{оч}$ – коэффициент разубоживания руды из очистных работ, доли ед. ($K_p^{оч} = 0,04$ при валовой выемке пласта или выемке одного сильвинитового слоя; $K_p = 0,06$ при селективной выемке пласта).

5 ИЗВЛЕКАЕМЫЕ ЗАПАСЫ РУДЫ И ПОЛЕЗНОГО КОМПОНЕНТА ПО ПАНЕЛИ

5.1 Балансовые запасы руды в панели (*B*)

$$B = L \cdot B \cdot m \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (5.1)$$

где L – длина панели, м;

B – ширина панели, включая внутри и межпанельный целики, м;

m – мощность пласта, м;

γ – объемный вес руды, т/м³.

5.2 Содержание *KCl* в балансовых запасах руды (*C*)

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot \alpha_{KCl_i}}{\sum_{i=1}^n m_i}, \%, \quad (5.2)$$

где m_i – мощность слоев сильвинита и галита в пласте, м;

α_{KCl_i} – содержание *KCl* в слоях, %.

5.3 Запасы *KCl* в балансовых запасах (B_{KCl}):

$$B_{KCl} = \frac{B \cdot C}{100}, \text{ т}. \quad (5.3)$$

5.4 Добыча руды из лавы при отработке всего выемочного столба ($D_{оч}$):

$$D_{оч} = L' \cdot \ell_l \cdot m_l \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (5.4)$$

где ℓ_l – длина лавы, м;

m_l – вынимаемая мощность пласта в лаве с учетом прирезки почвы или кровли пласта, м, в данном проекте принята прирезка кровли, равная 0,05 м.

5.5 Добыча пустой породы из лавы при отработке всего выемочного столба ($\Pi_{оч}$):

$$\Pi_{оч} = L' \cdot \ell_l \cdot m_{пп} \cdot \gamma, \text{ т}, \quad (5.5)$$

где $m_{пп}$ – мощность слоя пустой породы, прирезаемого в кровле пласта, м
 $m_{пп} = 0,02 - 0,05$ м, в данном проекте $m_{пп} = 0,05$ м.

5.6 Добыча руды из погашенных запасов панели ($D_p^{п.з}$):

$$D_p^{п.з} = D_{гпр} + D_{оч}, \text{ т}, \quad (5.6)$$

где $D_{гпр}$ – добыча руды из подготовительных работ, т (таблица 3.2).

5.7 Добыча пустой породы из погашенных запасов панели (Π):

$$\Pi = \Pi_{гпр} + \Pi_{оч}, \text{ т}, \quad (5.7)$$

где $P_{\text{гпр}}$ – добыча пустой породы из подготовительных выработок, т (таблица 3.2);

5.8 Добыча полезного компонента (KCl) из очистных работ ($D_{KCl}^{\text{оч}}$):

$$D_{KCl}^{\text{оч}} = \frac{D_{\text{оч}} \cdot \alpha_{KCl}^{\text{оч}}}{100}, \text{ т.} \quad (5.8)$$

$\alpha_{KCl}^{\text{оч}}$ – формула 4.9.

5.9 Добыча полезного компонента из ГПР ($D_{KCl}^{\text{гпр}}$):

$$D_{KCl}^{\text{гпр}} = \frac{D_{\text{гпр}} \cdot \alpha_{KCl}^{\text{гпр}}}{100}, \text{ т.} \quad (5.9)$$

$\alpha_{KCl}^{\text{гпр}}$ – таблица 3.2.

5.10 Добыча полезного компонента из погашенных запасов панели ($D_{KCl}^{\text{п.з}}$):

$$D_{KCl}^{\text{п.з}} = D_{KCl}^{\text{оч}} + D_{KCl}^{\text{гпр}}, \text{ т.} \quad (5.10)$$

5.11 Средневзвешенное содержание KCl в добытой руде из погашенных запасов панели ($\alpha_{KCl}^{\text{п.з}}$):

$$\alpha_{KCl}^{\text{п.з}} = \frac{D_{KCl}^{\text{п.з}}}{D_p} \cdot 100, \%. \quad (5.11)$$

5.12 Извлечение руды из погашенных запасов панели ($K_{\text{и}}^p$):

$$K_{\text{и}}^p = \frac{D_p^{\text{п.з}} - \Pi}{B} \cdot 100, \%. \quad (5.12)$$

5.13 Извлечение KCl из погашенных запасов панели ($K_{\text{и}}^{KCl}$):

$$K_{\text{и}}^{KCl} = \frac{D_{KCl}^{\text{п.з}} - \Pi \cdot \frac{b}{100}}{B_{KCl}} \cdot 100, \%, \quad (5.13)$$

где b – содержание KCl в разубоживающих породах, %, принимается равным 3-5 %.

III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1 Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студентов при сдаче экзамена и защите курсового проекта производится по десятибальной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студентов рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- защита курсового проекта;
- выступление студента на конференции по подготовленному докладу;
- сдача зачета по дисциплине;
- сдача экзамена по дисциплине.

3.2 Примерный перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

- 1 Элементы залегания пласта и их характеристика.
- 2 Характеристика угольных пластов и рудных залежей по мощности и углу падения.
- 3 Простое и сложное строение пласта. Полная, полезная и вынимаемая мощности пластов сложного строения.
- 4 Понятие о геологических запасах полезного ископаемого и их классификация по назначению – по пригодности к промышленному освоению, степени изученности, готовности к промышленному освоению.
- 5 Кондиции на полезное ископаемое и порядок их разработки.
- 6 Потери и разубоживание полезного ископаемого при добыче.
- 7 Три стадии подземной разработки месторождений.
- 8 Понятие о стволах, капитальных и подготовительных выработках.
- 9 Способы вскрытия шахтных полей.
- 10 Особенности вскрытия шахтных полей калийных месторождений
- 11 Специальные способы проходки стволов. Сущность проходки стволов способом предварительного замораживания.
- 12 Формы поперечного сечения горизонтальных и наклонных горных выработок. Минимальные размеры поперечного сечения выработок в свету при использовании пневмоколесного и конвейерного транспорта на рудниках Старобинского месторождения.

13 Анкерная крепь и ее виды, применяемые на Старобинском месторождении. Режимы нагружения анкерных крепей.

14 Охрана горных выработок. Способы охраны горных выработок на Старобинском месторождении.

15 Способы проветривания тупиковых выработок вентиляторами местного проветривания (ВМП).

16 Подземный транспорт и его виды.

17 Столбовая система разработки пластовых месторождений.

18 Сплошная система разработки пластовых месторождений.

19 Особенности разработки калийных месторождений.

20 Основные направления совершенствования систем разработки на Старобинском месторождении.

21 Комплексно-механизированные очистные забои и механизированные комплексы при отработке пластовых месторождений.

22 Очистные комбайны для валовой и селективной выемки калийных пластов лавами, их конструкция и производительность.

23 Механизированные крепи для длинных очистных забоев. Назначение, конструкция, выполняемые операции.

24 Оптимальное соотношение между очистными и подготовительными выработками (забоями) в шахте.

25 Понятие об операции, сущность и содержание основных, вспомогательных и подготовительно-заключительных операций при добыче полезных ископаемых.

26 Непосредственная и основная кровля. Обрушаемость пород кровли калийных и угольных пластов.

27 Процессы выемки, крепления и управления кровлей при отработке калийных и угольных пластов лавами.

28 Способы управления кровлей при разработке пластовых месторождений лавами.

29 Горное давление в лавах. Основные факторы, влияющие на проявления горного давления.

30 Газодинамические явления в калийных рудниках.

IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1 Список рекомендуемой литературы

1. Агошков, М.И. Разработка рудных и нерудных месторождений : учеб. для техникумов / М.И. Агошков, С.С. Борисов, В.А. Боярский / – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1983. – 424 с.
2. Мельников, Н.В. Горное дело / Н.В. Мельников, Л.Д. Воронин, Г.П. Демидюк и [др.] / – М. : Недра, 1974. – 528 с.
3. Инструкция по применению систем разработки на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018. – 146 с.
4. Инструкция по охране и креплению горных выработок на Старобинском месторождении. – Солигорск, 2018. – 204 с.
5. Кащеев, В.Д. Технология разработки угольных месторождений / В.Д. Кащеев / – М. : Недра, 1971. – 384 с.
6. Кологривко, А.А. Подземные горные работы : метод. пособие / А.А. Кологривко / – Минск : БНТУ, 2006. – 94 с.
7. Петровский, Б.И. Разработка эффективных и безопасных технологий и средств очистной выемки сложноструктурных калийных пластов Старобинского месторождения: Дисс. ... докт.техн. наук: 25.00.22, 05.05.06. / Б.И. Петровский / – М., 2003. – 338 с.
8. Подземная разработка пластовых месторождений. Теоретические и методические основы проведения практических занятий: учеб. пособие. / под ред. Л.А. Пучкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГГУ, 2001. – 487 с.
9. Правила по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь. – Минск: Изд-во Слуцкая укрупненная типография, 2012. – 167 с. с доп. в редакции постановлений МЧС от 10.04.2014 г., № 10 и от 23.03.2017 г. № 7.
10. Смычник, А.Ф. Технология и механизация разработки калийных месторождений : учеб. пособие / А.Ф. Смычник, Б.А. Богатов, С.Ф. Шемет / – Минск : Юнипак, 2004. – 224 с.
11. Бурчаков, А.С. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых : учеб. для горных вузов / А.С. Бурчаков, Б.М. Воробьев, К.К. Кузнецов и др. – М. : Недра, 1969. – 711 с.
12. Морев, А.Б. Горные машины для калийных рудников / А.Б. Морев, А.Д. Смычник, Г.В. Казаченко / – Минск : УП «Интеграл-полиграф», 2009. – 544 с.
13. Егоров, П.В. Основы горного дела : учебник для вузов / П.В. Егоров, Е.А. Бобер, Ю.Н. Кузнецов / – М. : Изд-во Московского горного университета, 2000. – 408 с.

14. Щерба, В.Я. Управление газодинамическими процессами на Старобинском месторождении калийных солей / В.Я. Щерба, А.Н. Башура, С.С. Андрейко / – М. : МГУ, 2004. – 194 с.

15. Основные положения применения механизированных комплексов в длинных очистных забоях калийных рудников. – Солигорск, 1977. – 11 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Титульный лист

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЛИАЛ БЕЛОРУССКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА г. СОЛИГОРСК

Кафедра «Технологии и оборудование разработки месторождений
полезных ископаемых»

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Подземные горные работы»

Тема:

« _____ »

Выполнил:

студент _____ курса
специальность 1-51 02 01
шифр _____

(ФИО)

Проверил:

Б.И. Петровский

г. Солигорск
20 __ г.