

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

На правах рукописи

ГЛУХОВ НИКОЛАЙ ДМИТРИЕВИЧ

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО
ПРОСТРАНСТВА
КРЫМА**

Специальность: 05.15.04 —
“Шахтное и подземное строительство”

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1996

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена в Государственной горной академии Украины.

Научный руководитель: академик АИН Украины, доктор технических наук, профессор **Шашенко Александр Николаевич**.

Официальные оппоненты: заслуженный работник высшей школы Украины, доктор технических наук, профессор **Гуминский Марк Викторович**,

доктор технических наук, профессор **Дружко Евгений Борисович**,

доктор технических наук, профессор **Полозов Юрий Аркадьевич**.

Ведущая организация — Днепропетровский государственный институт проектирования шахт (Днепрогипрошахт)

Защита состоится “ 17 ” октябре 1996 года в 14⁰⁰ на заседании специализированного совета Д03.06.03 при Государственной горной академии Украины.

Адрес: 320027, г. Днепропетровск, пр. К.Маркса, 19. Тел. (05562) 47-24-11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственной горной академии Украины.

Автореферат разослан “ 15 ” сентябре 1996 года.

Ученый секретарь
специализированного Совета
доктор технических наук,
профессор

Садовенко И.А.

ЛНБ України ім.В.Стефаніка



00751619 (Т)

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современная инвестиционная политика в стране, основанная на территориальном хозрасчете и самостоятельности предприятий, на появлении платежей в местный бюджет за природные ресурсы (землю, воду, недра и т.п.) при одновременно возросших экологических требованиях, требует новых технических решений в области разработки месторождений полезных ископаемых, строительства промышленных и иных предприятий. Особенно своевременным выглядит это требование в отношении уникальных районов Украины каким является Крым, развивающийся как курорт международного значения и историко-культурная зона.

Развитие региона требует огромных капиталовложений, прежде всего в строительстве новых объектов различного назначения, отвечающих современным требованиям. В Крыму строительство осуществляется в значительной мере из стеновых материалов на основе пыльных известняков, которые добываются открытым способом уродуя уникальные ландшафты, нарушая экологическое равновесие в природе. В настоящее время наложен запрет на отведение новых участков под карьеры строительных материалов, ожесточились требования к отводу земли под промышленные объекты.

Возникшие в связи с этим проблемы по производству строительных материалов из пыльного известняка, размещению на поверхности Земли предприятий автотранспорта, складских и коммунальных объектов, гаражей и промышленных предприятий могут быть успешно решены путем целенаправленного освоения подземного пространства. Недра Крыма, представленные огромными массивами плотных и практически не трещиноватых известняков являются весьма благоприятными для этих целей.

Под целенаправленным освоением недр понимается создание техники и технологии формирования выработок заданных размеров под будущие объекты с попутной добычей строительного сырья. При этом важно обеспечить такие параметры несущих элементов подземных объектов, которые гарантировали бы долговременное и безопасное их функционирование. Таким образом, разработка соответствующей техники, и технологических схем формирования подземных выработок предназначенных для размещения в них различных объектов народно-хозяйственного назначения, а также методик определения надежных параметров их основных несущих элементов является актуальной проблемой, решению которой и посвящена диссертация.

Исследования выполнены в рамках тематики научно-исследовательских работ ГГА Украины, НПО "Ротор", НПФ "ЭСПО".

Целью работы является создание нормативной базы для проектирования подземных сооружений различного назначения с учетом их долговременного использования, опытных образцов камнерезного оборудования и разработка технологии подземной добычи стеновых материалов.

Основная идея работы заключается в том, что подземные выработки и вмещающая их породная среда рассматриваются как сложно структурный объект долговременного назначения со стохастической природой, надежность функционирования которого оценивается таким комплексным показателем, как коэффициент запаса устойчивости.

Методы исследования. Поставленная в диссертации цель достигнута путем применения комплексного подхода, включающего анализ и обобщение литературных источников, аналитические, лабораторные и натурные исследования, проведенные с привлечением методов механики сплошной среды, строительной механики, теории вероятности, теории подобия и размерностей.

Научные положения, защищаемые в диссертации:

— пильные известняки Крыма в соответствии со своими химическими, физическими свойствами и горно-геологическими показателями образуют неоднородную совокупность объектов общего назначения, содержащую однородные подмножества, разделение которых на классы, возможно на основе метода распознавания образов. Что позволяет обоснованно осуществить классификацию месторождений, определить способ их разработки и номенклатуру стеновых материалов;

— при оценке несущей способности междукамерных целиков может быть использована прямолинейная огибающая предельных кругов Мора с переменным значением угла внутреннего трения, тангенс которого прямо пропорционален величине $1 - \Psi$ и обратно пропорционален величине $2\sqrt{\Psi}$, где Ψ — коэффициент хрупкости, что позволяет обоснованно уменьшить объем потерь полезного ископаемого на 15-20%;

— случайное изменение очертания боковых сторон междукамерных целиков из-за естественной неоднородности породной среды и нарушений технологии проходки камер учитывается путем увеличения ширины целика на величину a , которая не линейно зависит от дисперсии отклонений ширины целика от проектной величины и

заданного уровня надежности, что позволяет повысить надежность проектирования подземных сооружений на 15-20%;

— длительная устойчивость основных несущих элементов камерных систем разработки (целиков и потолочин камер) наиболее объективно оценивается величиной коэффициента запаса прочности, которая определяется уровнем надежности всех влияющих факторов и устанавливается на основе методов теории вероятности и математической статистики, что позволяет обоснованно и просто решать вопросы проектирования подземных выработок долговременного назначения;

— разрушение крепи подземных выработок при сейсмическом возмущении породного массива можно предотвратить за счет компенсационных зазоров, величины которых прямо пропорциональны длине выработки и параметрам сейсмической волны, что позволяет уменьшить толщину крепи по сравнению с монолитной в 2-3 раза.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается корректностью поставленных задач, применением хорошо апробированных методов механики сплошной среды, теории вероятностей и математической статистики, достаточно большим объемом статистических выборок, сходимостью результатов натуральных и лабораторных исследований с ошибкой, не превышающей 20% а также проверкой рекомендаций при проектировании и строительстве подземных полостей в условиях известняков Крыма.

Научная новизна работы:

— на основе метода распознавания образов установлены закономерности изменения физических, химических, геологических и горнотехнических характеристик массивов пильных известняков Крыма, что позволило обоснованно разработать классификацию месторождений по условиям разработки и номенклатуре строительных изделий;

— на основе методов расчета строительных конструкций, многократно проверенных практикой, применительно к потолочинам камер разработана инженерная методика расчета их параметров, предусматривающая корректировку коэффициента запаса прочности, что позволило повысить надежность проектирования камер подземных сооружений;

— установлены закономерности влияния на прочность междукамерных целиков вида огибающей предельных кругов Мора, что позволило внести коррективы в существующие методики расчета и снизить потери полезных ископаемых в недрах на 15-25%;

— впервые на основе теории случайных функций междукамерные целики рассмотрены как сложные геометрические объекты со случайным очертанием контура; учет этого обстоятельства позволил повысить надежность проектирования камерных систем разработки;

— для условий сейсмически опасных зон выполнено исследование устойчивости подземных выработок и доказано, что разрушение крепи происходит не от резонансных явлений, а от возникновения продольного динамического удара, что позволило разработать конструкцию крепи с компенсационными зазорами и установить параметры такой крепи.

Реализация результатов исследований:

— разработаны технические задания для создания комплекса машин при подземной добыче пильного известняка, а также системы вскрытия и разработки месторождений;

— разработаны и утверждены научно-техническим советом ЦНИИ-промзданий (г.Москва) “Методические рекомендации по выбору основных параметров несущих элементов подземных выработок, обеспечивающих их долговременную устойчивость”;

— запроектированы и созданы образцы комплекса машин для подземной добычи крупных строительных блоков из известняка;

— предложена комбинированная система вскрытия и разработки месторождений пильных известняков, которая была реализована на Восточно-Инкерманском месторождении, где прошел опытно-промышленную проверку комплекс машин для выпиливания крупных блоков.

Основные результаты исследований использованы при проектировании “Опытно-промышленной разработки комбинированным способом месторождения пильных известняков “Дальнее”, “Строительстве гаражей индивидуального транспорта в подземных выработках по ул. Суходольная г.Симферополя”, комплекса подземных сооружений в массиве известняков “Беш-Терек” Симферопольского района, очистных сооружений пгт.Симеиз.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры строительства шахт и подземных сооружений ГГАУ (г. Днепропетровск, 1989-1996 г.), на тех. совете ПО “Крымстройматериалы” (г. Симферополь, 1990 г.), на научных конференциях НИИ СМи (г. Симферополь, 1991, 1992 г.), на научной конференции “Механика горных склонов и подземных сооружений. Освоение подземного пространства” (г. Фрунзе, 1989 г.), международной конференции “Проблемы и перспективы освоения подземного пространства крупных городов” (г. Днепропетровск, 1996 г.) .

Публикации. Результаты работы опубликованы в монографии и 25 статьях.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 190 наименований и 10 приложений. Она содержит 353 страницы машинописного текста, 72 рисунка, 25 таблиц.

Автор выражает глубокую благодарность проф. Шашенко А.Н., проф. Парчевскому Л.Я., сотрудникам кафедры строительства шахт и подземных сооружений ГАГУ за советы и постоянное внимание к работе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Развитие народного хозяйства Украины сопровождается увеличением территорий, занятых различными промышленными и строительными объектами. В частности, интенсивное развитие горнодобывающей промышленности привело к тому, что относительная площадь нарушенных земель в настоящее время в 20 раз выше, чем в целом по странам СНГ. По данным Кабинета Министров Украины общая площадь нарушенных земель в Украине составляет около 265 тыс. га., оработанных — 130 тыс. га., из которых 122 тыс. га. подлежит рекультивации.

Особенно большой ущерб земельным ресурсам наносит открытый способ добычи полезных ископаемых. Ежегодное увеличение объемов добычи полезных ископаемых открытым способом приводит к нарушению природных ландшафтов и временно бесполезному накоплению снимаемого плодородного слоя. Недостаточные темпы рекультивации нарушенных земель, а в отдельных случаях, например, в горных районах, и невозможность их полного восстановления, привели к существенному разрыву между объемами нарушенных и рекультивируемых земель. Так, в последнее время ежегодно нарушается 12-15 тыс. га земель. К 2000 году площади нарушенных земель дополнительно увеличатся на 180-250 тыс. га. Для уменьшения разрыва между объемами нарушенных и восстановленных земель уже сегодня нужно удвоить объемы восстановительных работ.

Природно-экономический потенциал Крыма характеризуется высокой концентрацией на небольшой территории (26 тыс.км.²) различных видов природных ресурсов — минеральных, сельскохозяйственных, рекреационных. Особенности геологической истории определили богатство и разнообразие запасов осадочных пород: мраморированных и органогенных известняков, ракушечника. Современная структура производства строительных материалов сформировалась в начале 80-х годов. Она характеризуется уменьшением

количества разрабатываемых месторождений пильных известняков и стабилизацией выпуска стеновых блоков (рис. 1).

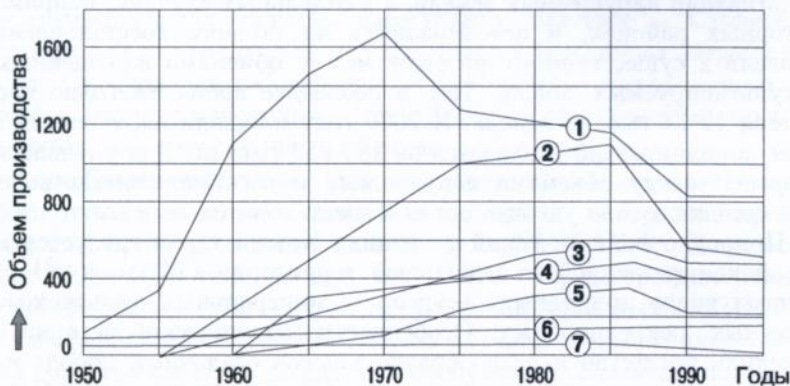
Доля Крыма в общегосударственном производстве стеновых материалов из естественных пород составляет 67%. В 1989 году здесь эксплуатировалось 30 карьеров по добыче пильного известняка с годовой производительностью более 3,5 млн.м³.

Развитию производства стеновых материалов из естественных пород способствует его высокая экономичность, а также рентабельность перевозок крупных блоков на расстояние до 1500 км, небольшие капитальные вложения, высокая фондоотдача.

В настоящее время в Крыму выпускаются строительные материалы рядом предприятий, крупнейшими из которых являются Крымаггострой, объединения "Крымстройматериалы" и "Крымнерудпром". В состав объединения "Крымстройматериалы" входят 12 предприятий по добыче и переработке минерального сырья, из них 6 добывают стеновые материалы из пильных пород.

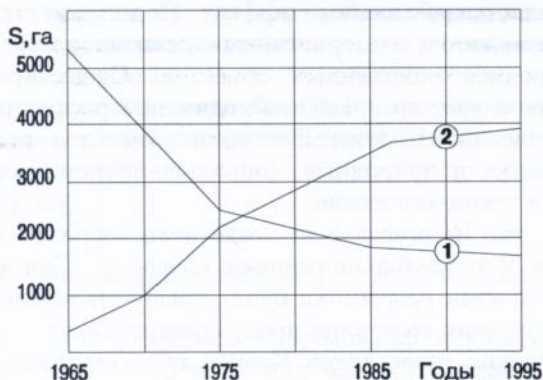
Динамика отведения и рекультивации земель по ПО "Крымстройматериалы" представлена на рис. 2. Как следует из рисунка, количество отводимых земель неуклонно сокращается. Это связано с тем, что большинство непродуктивных в сельскохозяйственном отношении участков земли для добычи известняков уже выделены, остальные земли находятся под сельскохозяйственными угодьями, лесами, курортными зонами, нарушение которых категорически запрещено. Запрещен также отвод земель под открытые разработки. Отведенные же ранее участки будут отработаны в ближайшие годы.

Рис. 1. Динамика производства строительных материалов в Крыму



1 — Стеновые материалы, 2 — Сборные железобетонные и бетонные конструкции и детали (тыс.м³), 3 — Стеновые блоки из пильного известняка, 4 — Цемент (тыс.т), 5 — Керамзит (тыс.м³), 6 — Кирпич строительный (млн.шт), 7 — Гипс (тыс.т.).

Рис. 2. Динамика производства строительных материалов в Крыму



1 — Площадь отводимых земель под карьеры пыльного известняка и размещение отвалов пустых пород, га; 2 — Площадь рекультивированных земель, га.

Единственным решением, которое может быть принято в сложившейся ситуации, является переход к подземному способу разработки месторождений пыльного известняка.

Подземный способ добычи блоков прежде всего предполагает сохранение экологии Крыма. Остающаяся система горных выработок может быть использована для размещения производств, не связанных с добычей полезного ископаемого, хранилищ различного значения, позволит уменьшить объемы земель, отчуждаемых под строительство, оградить окружающую среду от вредного воздействия промышленности, сохранить естественный ландшафт, вовлечь горный массив в сферу полезного использования.

Опыт подземной добычи стеновых материалов в пределах стран СНГ имеется главным образом в Молдавии и на Украине, и в основном он сводится к добыче стенового камня. Наиболее эффективным строительным материалом является крупный блок (ГОСТ 15884-85) строительной готовности, который добывается в полной номенклатуре открытым способом только в Крыму. Технология и машины по его вырезке в подземных условиях несовершенны, а для прочных пород полностью отсутствуют.

Таким образом, переход на подземную добычу пыльного известняка в условиях Крыма чрезвычайно актуален. Однако эта проблема имеет еще один аспект, связанный с тем, что в результате ведения подземных горных работ возникают искусственно созданные полости в земной коре.

Анализ опыта подземного строительства в странах СНГ и за их пределами показал, что инвестиционная политика в этой области

строительства требует принятия решений, обеспечивающих наиболее полный народно-хозяйственный эффект. Подземное строительство в ряде случаев является альтернативным решением наземному строительству народнохозяйственных объектов. Существует несколько групп факторов, учет которых необходим при рассмотрении альтернативных решений. К этим факторам относятся экономические, природоохранные и природные, социально-экономические, а также технические и технологические.

Очевидно, что не всегда и не везде целесообразно вести добычу строительных материалов подземным способом. Существуют условия, когда открытая разработка будет предпочтительнее, например, в случае неглубокого залегания продуктивных слоев.

Месторождения известняков Крыма характеризуется разнообразием горно-геологических условий, физико-механических свойств и продуктивных качеств, которые образуют совокупность факторов, определяющих способ вскрытия, систему разработки, номенклатуру и качество продукции и т.п.

В этой связи на стадии проектирования предприятия по производству пильных стеновых материалов необходимо иметь некоторый инструмент, позволяющий по геологоразведочным данным оценить, прежде всего, пригодность месторождения для подземной разработки, а также наиболее важные показатели будущего производства. Таким инструментом является разработанная в диссертации классификация месторождений, в основу которой положены отмеченные выше основные характеризующие признаки.

Все месторождения образуют изначально неоднородную совокупность объектов, имеющих общее назначение. Отдельные группы месторождений, характеризующиеся достаточно близкими основными классификационными признаками, образуют однородные подмножества. Задача обоснованного разделения (классификации) неоднородного множества объектов на однородные подмножества может быть решена на основе метода распознавания образов.

Суть задачи состоит в получении разделяющего правила, с помощью которого может быть однозначно решен вопрос об отнесении конкретного объекта к определенному классу. В целях достижения максимальной объективности классификации анализируемых геологических объектов выбран метод потенциальных функций. В соответствии с алгоритмом метода по заданному обучающему массиву, разделенному на K групп (классов), производится расчет дискриминантных (разделяющих) функций. Использование решающего правила заключается в подстановке координат вектора-объекта X (X_1, X_2, \dots, X_M) в K дискриминантных функций и вычислении зна-

чений f_1, f_2, \dots, f_k . Отнесение вектора-объекта к тому или иному классу осуществляется по правилу: объект принадлежит к тому классу, для которого соответствующая дискриминантная функция имеет нормальное значение.

Далее определяется вероятность (P_L), с которой данный объект классифицирован данной дискриминантной функцией:

$$P_L = \left[\sum_{i=1}^m (f_i - f_L) \right]^{-1},$$

где f_L — значение дискриминантной функции, имеющей максимальное значение.

Свободная классификация месторождений пильных известняков Крыма, полученная методом потенциальных функций, и проверка ее с помощью дискриминантного анализа, позволила подразделить месторождения на однородные множества. Далее путем внесения в однородные группы присущих им свойств, не имеющих численного выражения, то есть качественных показателей, можно осуществить анализ и выявить особенности каждой группы.

В результате получена классификация (табл. 1) пильных известняков Крыма, выявившая характерные особенности месторождений.

В первый класс вошли известняки-ракушечники равнинной части Крыма. Они подразделяются на три подкласса: известняки низкой прочности, средней прочности и прочие. Второй, третий, четвертый и пятый классы представлены нуммулитовыми и мшанковыми известняками Внутренней гряды Крымских гор.

По мере возрастания номера класса увеличивается степень литификации известняков. Прослеживается тенденция увеличения содержания MgO и Al_2O_3 на месторождениях Внутренней гряды Крымских гор по сравнению с месторождениями равнинного Крыма.

Мощности пластов нуммулитовых и мшанковых известняков превышают мощности ракушечников. Значительно возрастают и мощности скальных пород, залегающих в кровле пильных пластов.

Классификация позволяет для конкретных горно-геологических условий определить способ разработки и номенклатуру стеновых материалов.

Наиболее важными факторами для подземного строительства являются устойчивость пород, их обводненность, а также мощность продуктивной толщи и вскрыши. По совокупности этих и других дополнительных факторов было проведено районирование Крыма по условиям подземного строительства. При этом выделены территории, отличающиеся друг от друга набором наиболее важных для

подземного строительства факторов и выдержанностью их в общих чертах в пределах каждой территории.

Анализ инженерно-геологических условий Крыма первоначально позволил выделить три типа районов по условиям подземного строительства — благоприятные, мало благоприятные, особо благоприятные (табл. 2). Структурно-формационный анализ распространенных в Крыму отложений показал, что наиболее благоприятными по условиям для подземного строительства являются породы карбонатной формации — известняки. На территории области известняки приурочены к отложениям верхней юры, верхнего мела, палеогена и неогена. Интрузивные массивы встречаются в горной части Крыма в виде лакколлитов небольших размеров, сложенные в основном диоритами и диабазами (месторождения Кунцевское, Лодовское, Партенитское и др.). По своим физико-механическим свойствам интрузивные породы более благоприятны для подземного строительства, чем известняки. Но учитывая локальную и небольшую площадь их распространения эти породы могут занимать небольшой процент среди пород, пригодных для подземного строительства.

Благоприятный район охватывает три подрайона: верхнеюрских известняков; верхнемеловых (датский ярус) и палеогеновых (инкерманский и качинский горизонт) известняков; эоценовых известняков.

Целью и практическим назначением настоящей работы является разработка и утверждение нормативного документа (Руководства), на базе которого было бы возможно выполнять проектирование подземных объектов в Крыму, а также создания техники для их строительства.

Сформулированная выше проблема освоения подземного пространства с попутной добычей крупных стеновых блоков в условиях Крыма выдвигает следующие **основные задачи исследований**:

1. Выбор технологических систем вскрытия и отработки месторождений, сводящих к минимуму или полностью исключающих ручной труд путем механизации процессов вырезки и съема блоков, их погрузки и разгрузки, уборки отходов, с учетом комплексного освоения отходов камнепиления.

2. Исследование напряженно-деформированного состояния породного массива вокруг горных выработок с учетом сейсмоопасности региона.

3. Оценка длительной прочности целиков и потолочин, как основных несущих элементов подземных сооружений с учетом их длительной устойчивости;

Таблица 1. Классификация пильных известняков месторождений Крыма

№ п. п.	Класс	Под-класс	Геологическая характер. физ.-мех. св-ва							Основные оксиды				Номен-клатура стеновых материалов ¹	Возмож-ный способ разработки
			Мощность пильного слоя, м	Мощность скальных пород в кровле, м	Угол падения пласта, град	Коэф-фициент вскрытия	Плот-ность, г/см ³	Предел проч-ности, Мпа	Порис-тость, %	SiO ₂ , %	Al ₂ O ₃ , %	CaO, %	MgO, %		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	I	1	2.0-2.5	0.2-2.5	0-3	0.45-1.0	1.44-1.99	0.1-4.9	29-52	1.08-9.3	0.06-3.2	42.2-53.7	0.2-7.45	камень: Р, М4-10, полномерный - тип 1, Ш, неполномерный - всех типов	открытый
2	I	2	4.08-15.1	0.5-6	10-17	0.25-0.8	1.3-2.04	0.4-6.8	29-40	0.98-13.9	0.38-4.48	38-53.9	0.68-6.11	камень: Р, М25-50, полномерный - тип 1, П, Ш	открытый, подземный
3	I	3	30-38	0.1-7.5	0-6	0.05-16	1.44-2.5	0.2-7.9	29.7-47	0.26-5.68	0-2.3	50.3-63.3	0.2-2.97	камень: Р, М25-50, полномерный - тип 1, П, Ш	открытый, подземный
4	Средняя по классу		2-38	0.1-7.5	0-17	0.05-16	1.77	5.74	41.4	3.69	1.23	50.46	1.89	-	-
5	II		6.6-47.5	1.2-26.5	3-12	0.25-0.5	2.0-2.2	0.6-23.1	42.4-57	0.73-12.2	0.02-1.52	48-54.9	0.2-0.64	камень: Р, Л, М25-50, всех типов блок: Б, Д, Н, В25-50	открытый, комбинированный,
6	III		20-50	0.7-13.5	4-10	0.07-0.4	2.06-2.36	25.7-32.4	29-41	2.83-6.9	0.2-1.08	50.34-53.3	0.22-1	камень: Р, Л, М35-50, всех типов блок: Б, Д, Н, В35-50 блок: аэрогитска	открытый, комбинированный,
7	IV		20-41.6	1-19	6-12	0.1-0.2	2.19-2.45	37.2-40.6	37-44	4.58-12.75	0.02-0.25	46.45-53.6	0.2-1.45	блок: Б, Д, Н, В50-150 блок: Ф блок: аэрогитска	комбинированный, подземный
8	V		32.5-40	5-26	4-12	0.13-0.25	2.63-2.7	69.4-113	36.6-37	0.35-1.95	0.18-0.28	51.5-54.5	0.34-2.04	блок: Ф блок: аэрогитска	комбинированный

¹ ГОСТ 4001-84 — Камни стеновые из горных пород; ГОСТ 15884-85 — Блоки из природного камня

Таблица 2. Районирование Крымской области по условиям подземного строительства

Наименование района	Возраст и название пород в под-районах	Распространение района	Геологическая характеристика		Физико-математические свойства пород				
			Мощность полезного ископаемого от - до ср. м	Мощность вскрыши от - до ср. м	Удельный вес, г/см ³	Объемный вес, г/см ³	Предел прочности на сжатие в сухом состоянии, кг/см ²	Предел прочности на сжатие во влажном состоянии, кг/см ²	Водопоглощение, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Благоприятные									
I	Верхняя юра, известняки	Распространены в пределах предгорий и главной гряды Крымских гор. Их выходы наблюдаются в окрестностях Судака, у Ялтинского водопада, горы Ай-Петри, Балаклавы, Симферополя.	$\frac{1.5-100}{39.03}$	$\frac{0.2-17.0}{7.08}$	$\frac{2.65-2.75}{2.69-2.74}$	$\frac{1.8-2.70}{2.31-2.5}$	$\frac{97-1621}{524.1-941.9}$	$\frac{37-1394}{363-759}$	$\frac{0.08-16.4}{3.28-6.48}$
II	Верхний мел (Датский ярус) Палеоген (Инкерманский и казачинский горизонт)	Развиты в области предгорий гряды между г. Инкерманом и Бахчисараем по долине р. Бельбек (с. Куйбышево) и в восточном Крыму у г. Белогорска и г. Феодосии.	$\frac{20.5-83.2}{41.05}$	$\frac{4.7-11.7}{12.8}$	$\frac{2.09-2.72}{2.67-2.4}$	$\frac{1.64-2.22}{1.79-2.2}$	$\frac{307.9-489.7}{234.47}$	$\frac{119.2-241.8}{180.81}$	$\frac{5.36-18.3}{10.087}$
III	Эоцен Известняки	Нуммулитовые известняки распространены вдоль гребня Предгорной гряды от г. Инкермана до г. Симферополя и далее до р. Зуи	$\frac{0.5-50}{22.9}$	$\frac{0.1-26.5}{6.05}$	$\frac{1.18-2.23}{2.64-2.68}$	$\frac{1.16-2.23}{1.55-2.03}$	$\frac{22-184.4}{30.7-101.3}$	$\frac{22-92}{30-57}$	$\frac{6.0-27.2}{9.64-20.05}$
мало-благоприятные									
IV	Нижний плиоцен Потлический ярус Известняки	Степной Крым	$\frac{0.3-9.5}{2.84}$	$\frac{0.2-18.0}{0.6-5.0}$	$\frac{2.5-2.7}{2.64}$	$\frac{0.8-1.79}{0.92-1.52}$	$\frac{2-50}{7,98-1.52}$	$\frac{3-18.2}{9.7}$	$\frac{7.69-29.7}{22.06}$
	Плиоцен Сарматский и мезоценовый ярусы	Керченский полуостров	-	-	-	-	-	-	-
Особо неблагоприятные									
У	Триас-мел		-	-	-	-	-	-	-

4. Разработка комплекта камнерезного оборудования, обеспечивающего вырезку блоков в подземных выработках с производительностью, не уступающей машинам, работающим в карьерах.

5. Внедрение результатов исследований при проектировании и строительстве подземных объектов в Крыму.

Для решения указанных задач применяются современные методы сбора и обработки информации, механики сплошной среды, теории вероятности и математической статистики, лабораторные и натурные исследования.

Строительство объектов различного назначения в массиве пильных горных пород отличается некоторыми специфическими особенностями. Новизну вопроса обуславливает отсутствие технологических решений и специальной проходческой техники, обеспечивающей попутную добычу стеновых материалов.

Это обстоятельство определяет необходимость разработки новых технологий и оборудования, обеспечивающих максимальный коэффициент извлечения полезного ископаемого без ущерба для устойчивости горных выработок и темпов их проведения.

Анализ ведения открытых и подземных горных работ по добыче полезных ископаемых и, в частности, строительных стеновых материалов, классификация месторождений пильных известняков Крыма и особенности технологии вырезки крупных блоков позволили предложить новый способ комбинированной разработки пильных известняков, принципиальная схема которого показана на рис. 3. Из рисунка следует, что создание промышленной площадки в районе устья подземных подготовительных выработок вызывает необходимость отработки небольшого участка месторождения открытым способом. На этом участке обрабатываются слои (уступ), равные по высоте ширине крупного блока 82, 100 см. В зависимости от ландшафта и других специфических условий места заложения подземного участка, фронт открытых работ может иметь протяженность порядка нескольких десятков метров.

После отработки необходимого количества слоев в борту карьера в прикровельной зоне пласта проводят подготовительные выработки в глубину массива с оставлением между ними предохранительных целиков.

После проведения подготовительных выработок с уступа карьера начинают обрабатывать слой известняка под землей. В это же время в карьере подготавливают новый уступ.

К моменту отработки слоя в шахте этот уступ должен быть готов к обработке его в подземных условиях. Таким образом, каждый уступ карьера является началом слоя для отработки его в шахте. От-

крытые горные работы должны опережать подземную разработку на один слой. Подготовительные выработки целесообразно проходить комбайновым способом.

Применение комбайнового способа при проведении подготовительных выработок в перекристаллизованных известняках, кроме попутной добычи ценного минерального сырья, имеет целый ряд достоинств по сравнению с иными возможными способами проходки:

- высокие темпы проходки, всегда позволяющие иметь достаточный фронт добыточных работ;
- большую устойчивость выработок вследствие придания им соответствующей формы;
- уменьшение потерь полезного ископаемого;
- снижение количества отходов в пильном слое.

Последние два преимущества способствуют повышению коэффициента использования месторождения.

Сечение подготовительной выработки (форма, ширина, высота) регламентируется возможностями горнопроходческого оборудования, устойчивостью блоковых пород и специфическими особенностями технологии вырезки крупных блоков из массива.

Из существующих проходческих комбайнов наиболее приемлем комбайн ЧПП-2, который позволяет двумя заходами получить максимальную ширину выработки — 12 метров и придать кровле сводчатое очертание при высокой скорости проходки. Технология вырезки блоков в условиях подземных горных выработок является той основой, на которой базируется исходные требования на разработку добычного, подъемного и транспортного оборудования.

Ширина подготовительной выработки, в которой должно размещаться камнерезное оборудование, при проходке комбайном ЧПП-2 равняется 12 м (рис. 4). Ширина добычной выработки определяется необходимостью оставления бермы шириной не менее 0,6 метров (по условиям размещения оборудования) и равна 10,8 м.

Анализ камнерезных машин и накопленный опыт работ по вырезке крупных блоков позволили установить, что наиболее удачным будет такое расположение блоков в пильном слое, когда сумма высот блоков ($\sum h d$) будет равна ширине выработки, а высота уступа равняется ширине блока (a_6).

Таким образом, для получения крупного блока необходимо, в первую очередь, осуществить продольные пропилы параллельно длинной оси выработки. Расстояние между пропилами должно соответствовать высоте блока (h_6).

Для стеновых блоков (ГОСТ 15884-85) в комбинации с блоками-заготовками ширина выработки (В) может быть рассчитана по формуле

$$B = n_c n_6 + n_3 h_3 + m_c,$$

где n_c и n_3 — количество стеновых блоков и блоков-заготовок соответственно, шт; h_6 — высота стенового блока, м; h_3 — высота блока-заготовки, равная 2,56 м.; m — количество пропилов, шт; c — ширина пропила, м.

Зависимость ширины добычной выработки от размеров пильных блоков приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Зависимость ширины добычной выработки от числа

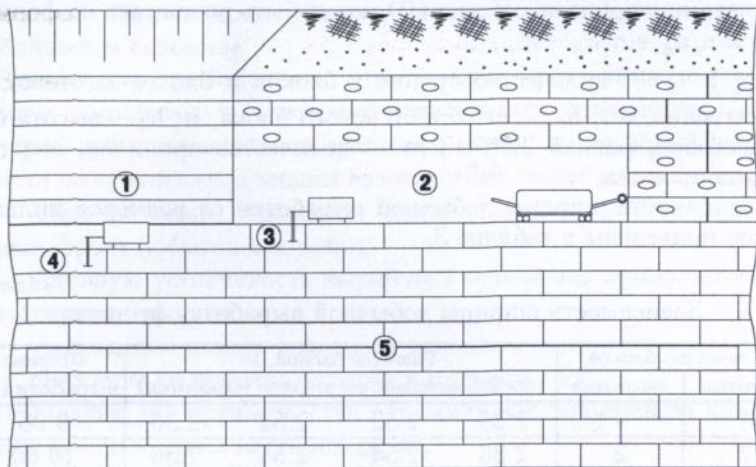
Количество блоков		Размеры блоков, м				Ширина выработки, м
стеновые	заготовка	(последовательно по ширине выработки)				
4	-	2.36	2.52	2.52	2.36	9.96
2	2	2.36	2.54	2.54	2.36	10.00
2	2	2.52	2.38	2.38	2.52	10.00
2	2	2.86	2.08	2.08	2.86	10.04
2	2	2.04	2.87	2.86	2.04	9.96
-	4	2.56	2.56	2.56	2.56	10.44
4	-	2.36	2.86	2.86	2.86	10.70

После того, как сделаны продольные пропилы, осуществляют поперечные пропилы на расстоянии друг от друга, равно толщине блоков (30, 40, 50), перпендикулярно оси выработки и затем горизонтальные подрезные пропилы, ограничивающие блоки по ширине. Предварительные расчеты показывают, что производство добычных работ пооперационно в изложенной выше последовательности, с использованием отдельных машин для каждой из этих операций, позволит значительно повысить технико-экономические показатели технологии вырезки блоков. Такой показатель, как производительность труда, станет конкурентоспособным по сравнению с таким же показателем на открытых работах.

Исследования в области технологии подземной разработки пластовых месторождений позволили определить камерную систему разработки, как наиболее приемлемую для условий Крымского полуострова.

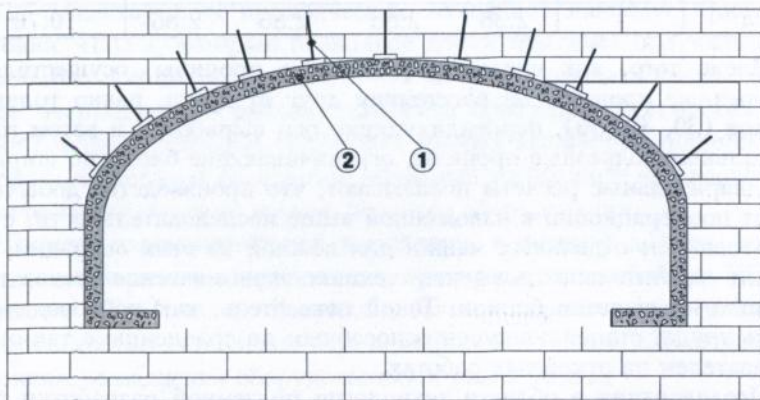
Расположение камер и поддерживающих целиков определяется местом нахождения открытой части разработки, углом падения пласта, направлением проходки вскрывающих выработок, технологией вырезки блоков, последовательностью отработки слоев в камерах, транспортными связями и средствами, требованиями по проветриванию и т.д.

Рис. 3. Комбинированная система разработки.



1, 4 – Уступ; 2 – Подготовительная выработка;
3 – Слой известняка; 5 – Пильный слой.

Рис. 4. Комбинированная система разработки.



Поскольку пласты месторождений нуммулитовых и мшанковых известняков Крымского полуострова залегают под углом к поверхности горизонта равным $0-9^\circ$, то варианты размещения вскрывающих подготовительных выработок, а следовательно камер и ленточных целиков, могут быть различными и при отработке каждого конкретного месторождения требуют специального исследования.

Для нормального ведения горных работ необходимо, прежде всего, обеспечить надежную и долговременную устойчивость подзем-

ных горных выработок. В соответствии с принятой схемой вскрытия и системой разработки в диссертации рассмотрены особенности формирования напряженно-деформированного состояния горных пород на контурах выработок прямоугольного сечения, подготовительных выработок (вскрывающих штолен) сводчатого очертания, выработок сложного сечения, образующихся после проведения очистных работ (сочетание сводчатой формы потолочины с камерой), а также в бермовой части целика, используемой для выполнения транспортных операций.

Исследование напряженно-деформированного состояния породного массива вблизи контура горных выработок выполнено методом фотоупругого моделирования и связаны с обеспечением устойчивости обнажений, решением вопроса эксплуатации выработок без крепи или с применением крепи, выбором и расчетом ее конструкции.

Исследования проводились на прозрачных геометрически подобных плоских моделях из оптически чувствительного материала ЭД-20 МТГФА методом активного нагружения на координатно-синхронном поляриметре КСП-7, физико-механические свойства материала: модуль Юнга $E=2\text{ГПа}$, коэффициент Пуассона $\mu=0,33$. Нагружение моделей осуществлялось с помощью устройства, обеспечивающего создание равномерно распределенной по контуру модели нагрузки. Рассмотрено НДС в окрестности выработок прямоугольного сечения, сводчатого очертания, прибермовой части.

Установлено, что в условиях Крыма в выработках прямоугольной формы при тех параметрах, которые соответствуют предполагаемой системе разработки, напряжения на поверхности кровли, боков, почвы отсутствуют. Это предполагает длительную их устойчивость.

Применительно к выработке сводчатого очертания были рассмотрены два варианта сводчатого сечения с шириной основания $a=12\text{ м}$. и высотой в центре сечения $h=3,5\text{ м}$. В первом варианте сечение выработки представляло круговой сегмент. Во втором варианте выработка имела вертикальные боковые стенки высотой $s=1,5\text{ м}$., а свод ее также являлся частью окружности, но большего радиуса, чем в первом варианте.

Установлено, что на контуре горных выработок с различными формами сечения действуют в основном сжимающие напряжения. Соответствующее значение напряжений в произвольной точке контура для любой глубины H определяется по формуле

$$\sigma_1 = \sigma_0 \frac{H_1}{H_0}, \quad (2)$$

где H_0 — глубина заложения моделируемой выработки.

Практическое значение имеют величины напряжений в своде и стенках выработки. Сравнение их с предельными значениями напряжений, определяемыми прочностью на сжатие, позволяет судить об устойчивости обнажений, о необходимости их упрочения путем применения тех или иных видов крепи.

Подземная добыча стеновых блоков осуществляется из основной вскрывающей выработки сводчатого сечения слоями сверху в них. При этом ширина вскрываемой выработки больше ширины добычной выработки на величину, необходимую для образования бермы, на которой размещаются рельсы для подъема и транспортирования стеновых блоков. Ширина бермы равна 1 м., рабочая нагрузка на нее достигает 1,23 КН. Для оценки устойчивости добычной выработки (бермы) в диссертации исследовано распределение напряжений в бермовой части целика.

Задача о нагружении бермы сводится к задаче о действии штампа на полупространство при условии полного сцепления штампа с контактируемой поверхностью. Экспериментальные исследования проводились на модели из того же материала — ЭД20МТГФА. Нагружение модели осуществлялось с помощью стального штампа, установленного на берме, и рычажного устройства. Установлено, что в бермовой части целика возникает существенная концентрация напряжений. Наиболее напряженными оказываются зоны, расположенные примерно на расстоянии 0,67 — 1 м. от края бермы. Эта ответственная часть выработки будет подвергаться постоянным динамическим воздействиям в процессе работы подъемного и транспортного оборудования при добыче и транспортировке блоков, следует учесть также возможные сейсмические воздействия.

Повышение устойчивости бермовой части выработки можно осуществить за счет снижения концентрации напряжений, а также применением элементов крепления. Прежде всего следует сосредоточенную нагрузку на берму от колеи подъемной установки распределить более равномерно по всей площади бермы, что уменьшит концентрацию напряжений. Для этого на поверхности бермы устраивается монолитная бетонная плита толщиной 0.15-0.2 м. из условия достаточной ее жесткости с рядами из трех металлических анкеров. Расстояние между рядами анкеров вдоль выработки равно 0.27b. Рельсы подъемной установки крепятся со стороны добычной выработки анкерами — 8 на расстоянии $h=0.67b$ от края бермы.

На аналогичных моделях исследовались также напряжения, возникающие на контуре выработки сложного сечения под действием вертикальной и горизонтальной составляющих горного давления.

Установлено, что на всей поверхности выработки действуют только сжимающие напряжения. В середине свода напряжения близки к нулю. При приближении к боковым стенкам они возрастают до

величины 1.5 МПа и сохраняют этот уровень и на боковых стенках подготовительной выработки. Наибольшая концентрация напряжений возникает в ее нижних углах, где напряжения достигают значения 3.0 МПа. Напряжения на берме при приближении к ее краю уменьшаются от 2.3 МПа до нуля и вновь начинают увеличиваться при удалении от края бермы вдоль боковой стенки добычной выработки.

Существенным оказывается то, что результирующие напряжения на боковых стенках добычной выработки достигают максимума, равного 0.6 МПа, на расстоянии 0.67 м. от края бермы, а затем снижаются до значения 0.3 МПа и сохраняют это значение при дальнейшем удалении от края бермы.

Таким образом, данные исследований поляризационно-оптическим методом позволяют оценить величины концентрации напряжений в конкретных условиях выработки, решить вопрос о необходимости применения крепи для обеспечения устойчивости выработки и создать предпосылки для расчета параметров крепи. Применение набрызг-бетонной крепи в сочетании, при необходимости, с усиливающими элементами в виде анкеров и металлической сетки позволит обеспечить устойчивость выработок в различных меняющихся, с точки зрения геомеханики, условиях. В диссертации выполнено подробное обоснование параметров подготовительных выработок, приводимых комбайновым способом. Даны рекомендации по расчету поперечного сечения выработок арочной формы. При такой технологии проходки образующийся измельченный известняк пригоден для получения из него извести, известковой муки, искусственных строительных материалов, получаемых способом гиперпрессования.

Детально описан процесс формирования подготовительных выработок малого (8-9 м²) поперечного сечения с попутной добычей стенового камня. Технологический процесс формализован в виде сетевого графа.

Для подземной добычи стеновых блоков запроектирован комплекс машин, позволяющий осуществить предложенную ранее технологию. Комплекс включает три машины: для образования продольных пропилов (КНПП), для образования поперечных пропилов (МПП), для производства горизонтальных пропилов (МГП). Первые две машины были изготовлены в виде экспериментальных образцов, которые прошли полномасштабные испытания на участке по подземной добыче крупных блоков Инкерманского месторождения по утвержденным методикам. Третья машина комплекса (МГП) воплощена в металле не была и технология подземной добычи отрабатывалась с помощью камнерезных пил.

Результаты проведенных испытаний показали, что предлагаемые машины могут быть использованы как при подземной так и при от-

крытой добыче пыльных блоков. Их производительность на 50-80% выше существующих аналогов.

Основным несущими элементами камерной системы разработки являются целики и потолочины камер. Исследованием устойчивости междукамерных целиков (МКЦ) посвящены работы Турнерв, Шевякова Л.Д., Шермана Д.И., Руппинейта К.В., Липсона М.А., Пращевского Л.Я., Шашенко А.И., Габдрахимова И.Х., Козленко М.И., Сдвижковой Е.А., Улановой Н.А., Усатенко А.М. и других.

В диссертации получил дальнейшее развитие подход к расчету МКЦ, основанный на работах проф. Шашенко А.Н.. Особенность его состоит в учете негидростатического начального поля напряжений, которая характеризуется коэффициентом бокового распора $\lambda \neq 1$. Используя известные решения А. Лабасса о распределении напряжений вокруг круглой выработки и метода суперпозиции нагрузка на производительность в ряду целик определяются выражением:

$$P = K\gamma H(a + b), \quad (3)$$

где K — коэффициент, учитывающий форму камеры

$$K = 1.02 + 0.1 \ln \frac{b}{h};$$

γ — объемный вес пород; H — глубина заложения выработки; a — ширина целика; b — ширина камеры; h — высота целика.

Несущая способность целика определена с учетом криволинейной огибающей кругов О.Мора:

$$N_{np} = \frac{1 + \sin \rho^*}{1 - \sin \rho^*} \gamma H a \{f(\lambda, m)\} + a R_c \quad (4)$$

Здесь $m = a/b$; $\rho^* = \rho(R_c k_c / H)$ — фиктивная величина угла внутреннего трения, которая может быть определена по формуле

$$\rho^* = \arctg \frac{1 - \psi}{2\sqrt{\psi + 2(1 - \psi) \frac{\gamma H}{R_c k_c}}} \quad (5)$$

где $\psi = R_p / R_c$; R_p — предел прочности на одноосное растяжение горных пород, k_c — коэффициент структурного ослабления, величина которого для условий нетрещиновых известняков Крыма может быть определена по формуле:

$$k_c = \left[1 - \sqrt{0,5\eta_0} \exp(-0,25\eta_0) \right], \quad (6)$$

где η_0 — коэффициент вариации прочности образцов на одноосное сжатие

Отношение выражения (4) к (3) дает формулу коэффициента запаса прочности

$$Z = \frac{1 + \sin \rho}{1 - \sin \rho} \frac{[(2m-1)^2 - 2m] + 4m - 1}{2m(m+1)}, \quad (7)$$

которая легла в основу утвержденной методики расчета МКЦ. Запас прочности, обеспечивающий длительную его эксплуатацию рекомендуется принимать равным 3.

Стандартные расчетные схему предполагают, что целики в плане имеют правильную геометрическую форму. Однако, исследования показали, что реальные отклонения от проектной формы могут быть существенными, ширина целика изменяется от сечения к сечению случайным образом. В этой связи наиболее полная оценка прочности целика может быть получена с помощью теории случайных функций. Используя решения известной задачи о выбросах случайной величины за заданный уровень установлено, что определенная по формуле (7) ширина целика a должна быть с заданной вероятностью P_0 увеличена на величину $\sqrt{2a_1}$, которая определяется по формуле:

$$a_1 = \sigma_s \arg \varphi \left(\frac{\sqrt{2\pi}}{L\sigma_v} \ln P_0 \right), \quad (8)$$

где σ_s^2 — дисперсия значений случайной функции (отклонений контур целика от проектного), σ_v^2 — дисперсия производных случайных функций. Тогда полная величина запаса прочности составит:

$$Z_{\Pi} = Z\Delta Z$$

Здесь $\Delta Z = N_{\text{пр}}/N_{\text{пр}}$, где $N_{\text{пр}}$ определяется по формуле

$$N_{\text{пр}} = \frac{1 + \sin \rho^*}{1 - \sin \rho^*} \gamma \text{Ha} \{f(\lambda, m)\} + R_c (a - \sqrt{2a_1}). \quad (9)$$

Таким образом, полученные зависимости позволяют в полной мере учесть геометрические, структурные, прочностные параметры и технологические особенности при расчете таких важных опорных элементов, какими являются целики.

Вторым, не менее важным элементом, обеспечивающим безопасность и долговечность эксплуатации подземных объектов, являются потолочины камер. В камерных системах разработки основные выработки представлены камерами, имеющими простое прямоугольное сечение с обычной плоской потолочиной различной мощности. В рамках выполненных исследований оценена устойчивость потолочины, как несущей конструкции.

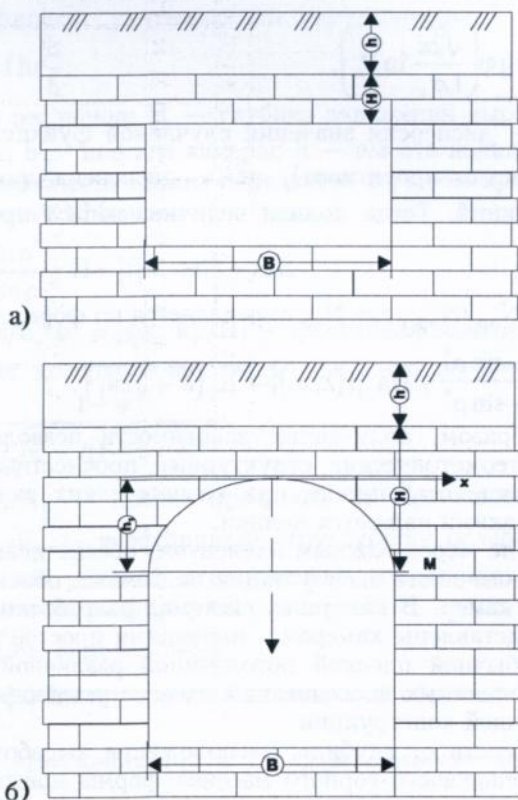
В зависимости от глубины расположения выработки, свойств и строения вмещающего горного массива формы прогнозируемой по-

тери устойчивости выработки (разрушения потолочины), могут быть разными. Этим и определяются принимаемые в геомеханике расчетные схемы.

В нашем случае рассматривается незакрепленные подземные горные выработки(камеры), расположенные в нетрещиноватом породном массиве типа крымских известняков.

Различаются две формы возможного разрушения потолочины в зависимости от соотношения мощности потолочины, как несущего элемента, к ширине выработки B/H (рис. 5.а). В первой схеме ширина выработки существенно превышает высоту потолочины. В этом случае потолочина работает как балочная плита на изгиб и на этой основе необходимо определить условия разрушения потолочины. Во втоой схеме (рис 5.б) несущий слой породы превышает ширину выработки. По этой схеме разрушения потолочины от изгиба не произойдет. Если потолочина сложена из слабых пород с малой прочностью, то можно ожидать разрушения кровли в виде свода обрушения.

Рис. 5. Две формы возможного разрушения потолочины.



Такие своды образуются даже в случае, если сцепление частиц породы близко к нулю (сыпучая среда), как показано в известных опытах М.М. Протоdjeяконова.

Расчет прочности потолочины по первой схеме выполняется на основе сопоставления действующего максимального изгибающего момента с максимальным моментом, который может выдержать сечение потолочины в наиболее опасном месте (этот изгибающий момент является прочностью потолочины на изгиб) из условия, что действующий максимальный изгибающий момент должен быть меньше или равен прочности потолочины на изгиб.

Нагрузкой на потолочину является ее собственный вес и нагрузка от налегающих пород (наносов) мощностью h . Если считать защемление потолочины на опорах жесткими, то изгибающий момент равен:

$$M = q b^2 / 24$$

где q — равномерно распределенная нагрузка на потолочину, равная $q = b(H+h) \gamma$, γ — объемная масса породы.

Однако, на опорах нет абсолютно жесткого защемления, стенки выработки обладают упругой податливостью. При шарнирном защемлении на опорах изгибающий момент увеличивается в три раза. Поэтому примем среднее значение между жестким и шарнирным защемлением, то-есть

$$M = q b^2 / 16$$

Основная расчетная формула для определения коэффициента запаса устойчивости выработки, равного отношению несущей способности к действующему моменту, будет иметь вид:

$$Z = 0.457 R_c H / (1 + h_n / H) \gamma V^2, \quad (10)$$

где h_n — мощность пластов.

В случае отсутствия наносов ($h=0$) расчетная формула примет вид

$$Z = 0.457 R_c H / \gamma V^2. \quad (11)$$

Особенность расчета состоит в том, что устойчивость выработки оценивается значением коэффициента запаса, определяемого формулой (10). При проектировании подземных выработок их сечение и параметры расположения устанавливаются в соответствии с принятой системой разработки, схемой подготовки и с учетом других факторов (объемы добычи, транспорт, вентиляция и т.п.). В связи с этим, как указывалось выше, очень удобно в процессе проектирования вопросы устойчивости выработок решать непосредственно по величинам коэффициента запаса Z . Поэтому необходимо определить

при каком минимальном значении Z устойчивость выработки следует считать обеспеченной.

Коэффициент Z определяет необходимый запас устойчивости. Если значение этого коэффициента меньше единицы, выработка неустойчива. При $Z=1$ выработка находится в предельном состоянии и эксплуатировать ее опасно. Следовательно, выработка должна иметь достаточный запас устойчивости, определяемый значением коэффициента Z .

Учитывая некоторую неопределенность параметров формулы (10), а также уровень ответственности при эксплуатации долговременных подземных сооружений, коэффициент запаса устойчивости для надежного прогнозирования устойчивости выработок следует принять равным 3. Тогда общий принцип расчета устойчивости выработки сводится к следующим простым действиям: для принятого в конкретных условиях сечения выработки по формуле (9) вычисляется коэффициент запаса прочности Z . Если $Z \geq 3$, то выработка будет достаточно устойчивой.

В рамках этого ограничения в процессе проектирования можно менять параметры сечения и расположения выработки. При каждом изменении снова определяется и оценивается коэффициент запаса Z .

Описанные выше расчеты учитывают опасность разрушения потолочины от максимального изгибающего момента. Существует также опасность разрушения потолочины на сдвиг от поперечных сил на опорах (у стенок выработки), где эти силы достигают максимальных значений. Коэффициент запаса устойчивости в этом случае определяется по формуле:

$$Z = 0.316 R_c / \gamma V.$$

При наличии в кровле потолочины большой мощности по сравнению с шириной выработки опасность разрушения ее от изгиба по схеме балки отсутствует, кровля удерживается за счет прочности слагающих ее пород. Разрушения в этом случае начинают развиваться в первую очередь в кровле выработок под влиянием растягивающих напряжений и активных сил веса пород. Прогнозируемой формой разрушения кровли является разрушение с образованием свода обрушения.

Вес массива пород в пределах свода обрушения удерживается силами сцепления пород по поверхности свода, имеющего форму параболического цилиндра (плоская задача). Породный массив по поверхности цилиндра работает на отрыв (растяжение) и на сдвиг, причем условия прочности по высоте свода не одинаковы.

Отношение удерживающей силы к весу пород дает величину запаса устойчивости. Эта величина (коэффициент запаса Z), как и в предыдущем случае, не должен быть меньше трех. Основная рас-

четная формула для определения коэффициента запаса устойчивости в этом случае имеет вид:

$$Z - 0.444 R_c / \gamma B \quad (12)$$

В отличие от формулы (10) для первой расчетной схемы во втором случае (12) устойчивость выработки не зависит от мощности несущего слоя и наносов, то есть, от глубины заложения выработки. Это следует из теории свода и для относительно небольших глубин в рассматриваемых условиях такое положение вполне оправдано.

Таким образом, разработана методика расчета устойчивости незакрепленных выработок (камер) из-за опасности разрушения потолчины для различных условий заложения выработок. Оценки устойчивости выработок осуществляется путем вычислений величин коэффициента запаса устойчивости для различных участков выработок в соответствии с горно-геологическими условиями залегания.

При проектировании подземных сооружений в сейсмически активных районах большое значение для обеспечения сейсмостойкости имеют вопросы определения напряжений и усилий, которые могут возникать от действия сейсмических волн, вызываемых землетрясением. Сложность проблемы расчета крепи подземных сооружений в сейсмических районах обусловлена прежде всего тем, что само воздействие, которому подложит конструкция заранее неизвестно.

В силу большего разнообразия горно-геологических условий прогнозировать сочетание действия волн различного характера и направления их распространения по отношению к подземному сооружению в настоящее время не представляется возможным. Именно неопределенность ожидаемого воздействия и создает трудности в оценке напряженного состояния, которое может возникнуть в конструкции при землетрясении.

Наиболее совершенной из всех существующих методик расчета крепи в условиях сейсмического воздействия является методика Н.Н. Фотиевой, разработанная для определения максимальных напряжений, которые могут возникнуть от сейсмических воздействий в окрестности незакрепленных выработок, в обделках тоннелей и крепи протяженных подземных сооружений некругового поперечного сечения. Однако и эта методика имеет общий недостаток, заключающийся в том, что крепь рассматривается как незыблемая конструкция, толщина которой пассивно пропорциональна динамическому воздействию.

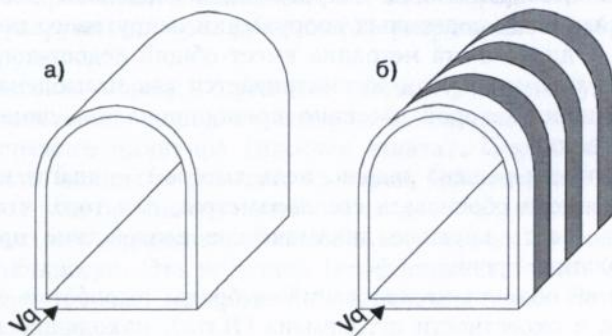
В диссертации решена задача, цель которой — найти конструктивное решение и обосновать его параметры, для того, чтобы максимально погасить внешнее динамическое воздействие при минимальной толщине крепи.

В качестве объекта исследований выбраны выработки очистных сооружений в окрестности пгт. Симеиз (Ялта), находящиеся в сейс-

мически опасном районе. Стандартной крепью в таких случаях является монолитная металлобетонная крепь. Рассматриваемое подземное сооружение имеет П-образную форму и состоит из двух параллельных и одной поперечной выработки. Выработки дискретно подкреплены металлическими крепями, залитыми сплошным бетоном полутораметровой толщины. Таким образом, обделка каждой выработки представляет собой конструктивно-анизотропную толсто-стенную оболочку. Наряду со статическим напряженно-деформированным состоянием оболочек, обусловленным давлением окружающих пород, возможно появление динамических эффектов сейсмической природы. Расположение сооружения таково, что вероятное направление движения ударных волн — оси параллельных выработок. Очевидно, что условия, в которых находятся параллельные и поперечная выработки при ударном воздействии, различны. Достаточно точный расчет обделки выработок на сейсмоустойчивость невозможен по ряду причин. Во-первых, нет достоверной информации о движении породного массива в окрестности выработки в момент землетрясения, а следовательно, неизвестны нагрузки, действующие на крепь. Во-вторых, обделка выработок сложна как по форме (составная оболочка некругового сечения), так и по прочностным свойствам (конструктивная анизотропия). Поэтому, динамический проносной расчет представляет собой чрезвычайно сложную задачу механики.

Цель исследований заключается в проведении сопоставительного анализа динамических эффектов в двух разных конструкциях обделки (рис. 6). Первая конструкция — монолитная по всей длине выработки бетонно-металлическая оболочка. Вторая конструкция — та же оболочка, но состоящая из кольцевых элементов с зазорами, заполненными пластичной податливой массой. Сравнение двух конструкций проведено на основе упрощенных расчетных схем.

Рис. 6. Схемы динамического воздействия ударной волны на монолитную (а) и составную (б)



исследования показали, что толщина крепи, разрезанной по длине на кольца, имеющие компенсационные зазоры, гасящие волновые процессы, может быть в условиях девятибального землетрясения в 2-3 раза меньше, чем при монолитной крепи. При этом длина кольца определяется по формуле:

$$1 = R h_k, \quad (13)$$

где R — радиус, а h_k — толщина крепи. Величина компенсационного зазора определяется формулой:

$$\delta = \frac{L\eta K_c \gamma_o C_o T_o}{2\pi E_o (n - 1)} \quad (14)$$

Здесь L — длина выработки, n — число колец. K_c — коэффициент сейсмичности, η — коэффициент концентрации напряжений, γ_o — объемная масса, C_o — скорость распространения волн, T_o — ее период, E_o — модуль Юнга.

Научные исследования, изложены в предыдущих главах, были реализованы при проектировании и строительстве подземных объектов различного назначения:

- комбинированная система разработки на Восточно-Инкерманском месторождении (проектирование, испытание комплекса машин, параметров технологии формирования выработок);
- подземный комплекс овощефруктохранилища “Беш-Терек” (изыскания, проектирование, строительство);
- подземный гаражный комплекс (изыскания, проектирование);
- транспортные тоннели в гг. Севастополь и Симферополь (проектирование);
- очистные сооружения в пгт. Симеиз (изыскания, проектирование);
- комплекс подземных объектов промзоны санатория им. М.Тореза в г. Ялта (изыскания, проектирование).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой решена крупная научная проблема, имеющая важное народно-хозяйственное значение и заключающаяся в создании физико-механических основ освоения подземного пространства Крыма путем разработки техники, технологии и обоснования параметров несущих элементов выработок при одновременной добыче пыльных строительных материалов.

Основные научные и практические результаты, выводы и рекомендации сводятся к следующему:

— разработана классификация месторождений пыльных известняков Крыма, в основу которой положен метод распознавания образцов, что позволило научно обоснованно выделить месторождения по способу разработки и номенклатуре строительных изделий;

— предложена комбинированная система разработки месторождений пыльных известняков и реализована на Восточно-Инкерманском месторождении, что позволило отработать элементы технологии добычи крупных строительных блоков в подземных условиях;

— разработаны рабочие проекты комплекса машин для подземной добычи строительных блоков, созданы опытные образцы, прошедшие проверку в условиях Восточно-Инкерманского месторождения, которая показала их преимущество по отношению к аналогичным машинам, работающим в карьерах;

— разработана и утверждена ЦНИИпромизделий (г. Москва) инженерная методика определения параметров несущих элементов камерой системы разработки, что позволило обоснованно проектировать различные объекты промышленного, коммунального и культурного назначения в городах Крыма;

— выполнены исследования устойчивости выработок, расположенных в сейсмически активных зонах, на основе теории волн, что позволило предложить оригинальную конструкцию крепи с компенсационными зазорами, определить ее параметры и выполнить на этой основе проект очистных сооружений в пгт. Симеиз.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Глухов Н.Д., Зайцев Р.С., Ванеева И.В. Возрожденная земля. — Симферополь: Таврия, 1987. 48 с.
2. Глухов Н.Д. Разработка технологии подземной выемки пильных известняков в условиях крымских месторождений. Дисс. ... канд. техн. наук: 05.15.02. — Ленинград: ЛГИ, 1988. 170 с.
3. Глухов Н.Д., Зайцев Р.С., Штепа А.В. Добыча крупных блоков известняков крымских месторождений. Сб. ВНИИЭСМ. — М., 1986. Вып. 4. Серия 7. С. 8-10.
4. Переход на подземную добычу пильного известняка с целью уменьшения ущерба окружающей среде. Глухов Н.Д. и др. Сб. ВНИИЭСМ. — М., 1986, Вып. 4. Серия 11, С. 25-26.
5. Глухов Н.Д., Зайцев Р.С. Оценка и классификация пильных известняков Крыма. Сб. ВНИИЭСМ. — М., 1986. Вып. 5, Серия 7. С. 5-6.
6. Глухов Н.Д., Федоркин С.И., Ванеева И.В., Костандов Ю.А. Определение оптимальных параметров горных выработок и способов их крепления при добыче природного камня в Крыму. Добыча и обработка природного камня и использование его отходов. — Ереван: Изд-во НИИКС, 1986. С. 20-21.
7. Глухов Н.Д., Зайцев Р.С. Проблемы ускорения перехода на подземную добычу пильных известняков в горных районах Крыма. Рекомендации по ускорению научно-технического прогресса в производстве строительных материалов и изделий. — Киев: Изд-во НИИСМИ, 1987. С. 205-207.
8. Investigating the rebound in shotcreting. L.Ya.Parchevskii, A.N. Shashenko, N.D. Gluhov, Lebedeva G.V. Soviet mining journal, 1987. Vol 1. Num. 3. P. 18-28.
9. Шашенко А.Н., Пачевский Л.Я., Глухов Н.Д., Горбань В.Я. Проблемы использования подземного пространства в условиях разработки пильных известняков Крыма. Механика горных склонов и подземных сооружений. Освоение подземного пространства. — Бишкек: Ильмень, 1990. С.411-415.
10. Шашенко А.Н., Парчевский Л.Я., Глухов Н.Д. Оценка предельного состояния породного массива в окрестности подземных выработок. Изд-во ВУЗов. Горный журнал, 1991. № 6. С. 42-45.
11. Глухов Н.Д. Комплекс оборудования для подземной добычи крупных строительных блоков известняка. Подземное пространство мира. — М.: Изд-во "Тимр", 1995. № 3. С. 8-10.
12. Глухов Н.Д., Технологические особенности сооружения бетонной крепи в сейсмически опасных районах. Альманах научно-технической информации. Приложение к журналу "Подземное пространство мира". — М.: Изд-во "Тимр", 1995. С. 9-12.
13. Глухов Н.Д. Оценка устойчивости подземных выработок длительно-го назначения на основе вероятностей моделей. Альманах научно-технической информации. Приложение к журналу "Подземное пространство мира". — М.: Изд-во "Тимр", 1995. № 4. С. 9-12.
14. Глухов Н.Д. Опыт строительства подземного овощефруктохранилища "Беш-Терек". "Подземное пространство мира". — М.: Изд-во "Тимр", 1995. № 3. С. 8-10.

15. Глухов Н.Д. Опыт освоения подземного пространства в Крыму. Проблемы и перспективы освоения подземного пространства крупных годов. Сб. докладов Международной конференции. 19-20 июля 1996. — Днепропетровск: ГГАУ, 1996. С. 93-95.

16. Шашенко А.Н., Парчевский Л.Я., Глухов Н.Д., Гребенко Е.Н. Методология решения задачи о вероятностной оценке прочности междукаменных целиков. Гос.горн.академия Украины. — Днепропетровск, 1993. 24 с. Деп. в ДНТБ Украины 23.03.93, № 611.

17. Шашенко А.Н., Парчевский Л.Я., Глухов Н.Д., Гребенко Е.Н. Оценка несущей способности междукаменных целиков на основе вероятностно-статистических моделей. Гос. горн. академия Украины. — Днепропетровск, 1993. 18 с. Деп. в ДНТБ Украины 23.03.93. № 1130.

18. Парчевский Л.Я., Глухов Н.Д., Гребенко Е.Н. О методах количественной оценки устойчивости выработок. Гос. горн. академия Украины. — Днепропетровск, 1993. 11 с. Деп. в ДНТБ Украины 23.03.93, № 471.

19. Глухов Н.Д., Пустовойтенко В.П. Оценка прочности подземных выработок, расположенных в сейсмически опасных районах. Гос. гон. академия Украины. — Днепропетровск, 1996. 24 с. Деп. в ДНТБ Украины 14.05.96, № 1174.

20. А.с. 1263863 СССР, МКИз. Устройство для распиливания камня (Глухов Н.Д., Колин В.М., Белорусов Г.С., Пичахчи В.В., Часовщик Ю.Л. (СССР).

21. А.с. 1286784 СССР, МКИз. Способ возведения анкерной крепи (Глухов Н.Д., Выгодин М.А., Штепа А.В., Усаченко Б.М., Евтушенко В.В., Дубровин В.В., Сидоров Б.Г.).

22. А.с. 1265317 СССР, МКИз. Барабанный исполнительный орган комбайна (Глухов Н.Д., Штепа А.В., Усаченко Б.М., Кирилюк С.В., Сидоров Б.Г., Целовальников И.М. (СССР).

23. А.с. 1411497 СССР, МКИз. Способ крепления прибермовой части вертикальной горной выработки (Глухов Н.Д., Костандов Ю.А., Федоркин С.И., Зайцев Р.С. (СССР).

24. А.с. 1613618 СССР, МКИз. Способ повышения устойчивости целика (Глухов Н.Д., Симонов В.М., Зайцев Р.С. (СССР).

25. А.с. 1613618 СССР, МКИз. Камнерезная машина (Глухов Н.Д., Филюков В.И., Зайцев Р.С. (СССР).

26. Положительное решение от 31.01.92 по заявке № 4872098/035/068432/. Способ повышения устойчивости выработок. Шашенко А.Н., Кухарев Е.В., Глухов Н.Д., Похилова О.Г.

В опубликованных работах личный вклад соискателя заключается в следующем:

(1, 2, 3) — обобщение и анализ мирового опыта решения проблемы природопользования, идея; (9) — анализ перспективы строительства подземных сооружений в условиях Крыма; (6) — постановка задачи, разработка алгоритма решения; (5,8, 19) — постановка задачи, обобщение полученных результатов; (7) — формулировка проблемы и идея ее решения; (16, 17, 18) — разработка алгоритма решения задачи, анализ результатов применительно к конкретным горно-геологическим условиям; (21, 23, 24, 26) — идея, выбор и обоснование пути решения задачи; (20, 22, 25) — разработка конструкции.

REZUME

Gluhov N.D. Physical and technical foundation of Underground mining in Crimea.

Theses for the degree Doctor of Science on Speciality 05.15.04 "Mining and construction". The State Mining University of Ukraine, Dnepropetrovsk, 1996.

Techniques, technologies and the engineering methods of calculations for durable stability of underground working for different conditions of embedding, in reference to the Crimean limestones have been worked out in this thesis. For the first time this problem has been solved with the usage of the probability model and so it permits to design supporting elements in the chamber mining with high safe to level. The test data have been used by the projecting of the underground installations which are being built now mining of the useful minerals are solved too.

Key words: Techniques, technologies durable stability safety of useful mineral.

АНОТАЦІЯ

Глухов Н.Д. Дисертація на здобуття вченого ступеня доктора технічних наук по спеціальності 05.15.04 "Шахтне та підземне будівництво". Державна гірнича академія України, Дніпропетровськ, 1996.

1. В роботі розроблені і захищаються параметри технології і технічних засобів комбінованого способу видобутку вапнянів Криму, а також класифікація їх родовищ та інженерне районування за умовами підземного будівництва. Розроблена методика розрахунків параметрів камерної системи розробки з урахуванням випадкового змінювання проектної ширини міжкамерних ціликів. Запропонована нова конструкція криплення для виробок, що знаходяться в умовах високої сейсмічності.

Ключові слова: техніка, технологія видобутку, підземне будівництво, попутний видобуток корисних копалин, вірогідність.

Глухов Николай Дмитриевич

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО
ПРОСТРАНСТВА КРЫМА**

(Автореферат)

Заказ № 38/96. Тираж 100 экз. Бесплатно.

Издательство "Тарпан". 333000, Симферополь, ул. Горького, 24/13.

438 966

AB 35.614