

министерство образования Украины  
государственная горная академия Украины

На правах рукописи

*Трибенко Евгений Николаевич*

**ОБОСНОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ  
ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК, ПРОЙДЕННЫХ  
В УСЛОВИЯХ ИЗВЕСТНЯКОВ КРЫМА**

*05.15.04 – „Шахтное и подземное  
строительство“.*

*05.15.11 – „Физические процессы  
горного производства“.*

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

Днепропетровск – 1996



00752258 (Т)

Диссертация является рукописью.

Работа выполнена на кафедре "Строительство шахт и подземных сооружений" Государственной горной академии Украины.

Научные руководители: доктор технических наук,  
профессор Шашенко А.Н.,  
кандидат технических наук  
Глухов Н.Д.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Гуминский М.В.,  
кандидат технических наук,  
доцент Усатенко А.А.

Ведущая организация: Институт "Днепрогипрошахт".

Защита состоится "21" ноября 1996г. в 10:00 ча-  
сов на заседании специализированного совета Д 03.06.03. в  
Государственной горной академии Украины по адресу:  
320027, г.Днепропетровск,  
пр. К.Маркса, 19.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГГА  
Украины.

Автореферат разослан "20" ноября 1996г.

Ученый секретарь  
специализированного совета  
доктор технических наук,  
профессор

САДОВЕНКО И.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

### Актуальность темы.

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.), требуют новых технических решений в области разработки месторождений полезных ископаемых и строительства горнодобывающих предприятий. Особенно актуально это требование в отношении уникальных регионов 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.

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 недр. Подземное пространство Крыма, представленное огромными массивами плотных и практически нетрещиноватых известняков является весьма благоприятным для этих целей.

Под целенаправленным освоением недр понимается формирование выработок заданных размеров под будущие объекты с попутной добычей строительного сырья. При этом важно обеспечить такие параметры несущих элементов подземных объектов, которые обеспечили бы долговременное и безопасное их функционирование. Таким образом, разработка методики определения надежных параметров основных несущих элементов подземных выработок, предназначенных для размещения в них различных объектов народно-хозяйственного назначения, является актуальной задачей, решению которой и посвящена диссертация.

Исследования выполнены в рамках тематики научно-исследовательских работ ГГА Украины.

Целью работы является создание нормативной базы для проектирования в условиях Крыма подземных сооружений различного назначения с учетом их долговременного использования.

Основная идея работы заключается в том, что подземные выработки рассматриваются как сложноструктурный объект со стохастической природой, надежность функционирования которого оценивается таким комплексным показателем, как коэффициент запаса устойчивости.

Методика исследования. Методическую основу исследований составляет комплексный подход, включающий применение анализа и обобщения литературных данных, лабораторных, натурных и аналитические исследования с применением методов строительной механики, теории вероятности и математической статистики.

Научные положения, защищаемые в диссертации и их новизна:

- доказано, что длительная устойчивость подземных выработок наиболее объективно оценивается коэффициентом запаса устойчивости, величина которого определяется уровнем неопределенности всех влияющих факторов и может быть установлена на основе методов теории вероятностей и математической статистики;

- впервые установлено, что устойчивость целиков в значительной мере (на 25-30%) снижается из-за случайного изменения очертания их боковых сторон, что позволяет повысить надежность проектирования подземных сооружений.

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 выработок, проверкой рекомендаций при проектировании и строительстве подземных полостей в условиях известняков Крыма.

Практическая значимость работы. Научные результаты работы являются практической основой для разработки методического руководства по определению и корректировке параметров целиков и камер подземных сооружений в условиях Крыма.

Реализация результатов исследований. "Методические рекомендации по выбору основных параметров несущих элементов подземных выработок, обеспечивающих их долговременную устойчивость", разработанные на основе результатов работы, рассмотрены и утверждены научно-техническим советом ЦНИИПромизданий.

Основные результаты исследований использованы при проектировании "Опытно-промышленной разработки комбинированным способом месторождения пильных известняков "Дальнее", "Строительстве гаражей ин-

дивидуального транспорта в подземных выработках по ул. Суходольная г. Симферополя" и комплекса подземных сооружений в массиве известняков Веш-Терек Симферопольского района.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных семинарах кафедры строительства шахт и подземных сооружений ДГИ (Днепропетровск, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 г.г.), на техсовете ПО "Крымстройматериалы" (г. Симферополь, 1990 г.), на научных конференциях НИИ СМИ (г. Симферополь, 1991, 1992 г.г.).

Цубликации. Результаты работы опубликованы в трех статьях.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения списка литературы из 81 наименований и 3 приложений. Она содержит страниц машинописного текста, 23 рисунка, 24 таблицу.

Автор выражает глубокую благодарность проф. Шашенко А.Н., проф. Парчевскому Л.Н., к.т.н. Глухову Н.Д. за советы и постоянное внимание к работе.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Анализ опыта подземного строительства в странах СНГ и за их пределами показал, что инвестиционная политика в этой области требует принятия решений, обеспечивающих наиболее полный народно-хозяйственный эффект. Существует несколько групп факторов, которые необходимо учитывать при принятии основного решения – где строить: на поверхности или под землей. Это экономические, природоохранные, социально-экономические, технические и технологические. Комплексный учет этих факторов позволил выполнить районирование по условиям подземного строительства на основе его инженерно-геологической типизации. При этом выделены территории, отличающиеся друг от друга набором наиболее важных для подземного строительства факторов и их выдержанностью в установленных пределах. Согласно исследований Республика Крым имеет большое количество месторождений скальных пород, представленных известняками, доломитами, диоритами, диабазами и другими монолитными породами, пригодными для размещения в них подземных объектов любого назначения. Особый интерес представляют месторождения известняков,

массивы которых идеально приспособлены для этих целей.

Основой для размещения промышленных объектов под землей с одновременной добычей полезного ископаемого обычно является система выработок, разделенных опорными элементами (целиками). Ширина выработок определяется устойчивостью пород кровли (потолочины). Если потолочины и целики соответствуют горногеологическим условиям и сроку службы подземных выработок, то проектирование объекта было выполнено достаточно корректно. В этой связи для достижения поставленной цели в диссертации необходимо было решить следующие взаимосвязанные задачи:

- изучить физико-механические свойства известняковых пород;
- разработать методику оценки прочности потолочины камер;
- разработать методику оценки несущей способности целиков.

Физико-механические свойства известняков определялись, в основном, для двух месторождений - Бахчисарайского и Восточно-Инкерманского. Определялись такие характеристики как пределы прочности на одноосное сжатие (растяжение), коэффициент Пуассона, объемная масса, плотность водопоглощение, морозостойкость. Устанавливался коэффициент вариации как изменчивости того или иного признака. Испытания проводились по стандартным методикам, за исключением определения предела прочности на растяжение, где была использована методика профессора А. Н. Шашенко, предусматривающая испытания на продавливание пуансоном тонких породных дисков.

Выполненные исследования легли в основу практических расчетов по определению параметров несущих элементов подземных сооружений. В разработке методов количественной оценки и расчета устойчивости подземных выработок существенное значение имеет установление общих принципов подхода к задаче, соответствующих специфическим условиям их существования. Расчетные методы в приложении к различным сооружениям и конструкциям отличаются разнообразием в зависимости от вида сооружения, его назначения и конкретных условий эксплуатации. Наиболее известны две группы методов: по допустимым напряжениям и допустимым нагрузкам. Вторая группа методов применяется, когда речь идет об объектах сложной формы, таких как здания, сооружения, в т.ч. они могут быть применены и в отношении подземных выработок.

Незакрепленная подземная выработка является сложным объектом, устойчивость которой обеспечивается достаточной прочностью боковых целиков и кровли (потолочины). Эти несущие элементы работают в рез-

ко отличающихся напряженных состояниях и поэтому их устойчивость следует рассматривать отдельно.

Представляет практический интерес: что нужно рассчитывать при проектировании выработки? Обычно при таких расчетах устанавливают коэффициент устойчивости. Однако, при его определении должен оцениваться уровень надежности, а это в той или иной мере всегда близко к оценке запаса прочности. Поэтому для расчета устойчивости подземных выработок наиболее понятной характеристикой является коэффициент запаса прочности или устойчивости, но при этом должна быть установлена и обоснована минимальная допустимая его величина.

Исходя из изложенного и были выполнены следующие исследования, связанные с оценкой устойчивости основных несущих элементов подземных сооружений: потолочины и целиков.

В камерных системах выработки, как правило, имеют прямоугольное очертание с плоской потолочиной, различной мощности. Необходимо оценить устойчивость потолочины, как несущей конструкции. Различают две формы возможного разрушения потолочины в зависимости от соотношения мощности потолочины к ширине выработки (рис. I).

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 второй схеме несущий слой породы превышает ширину выработки. С точки зрения первой схемы разрушение потолочины от изгиба не произойдет. Если потолочина сложена из слабых известняков с малой прочностью (малым сцеплением частиц), то можно ожидать разрушения кровли в виде свода обрушения. Такие своды образуются даже в случае, если сцепление частиц породы близко к нулю, как показано в известных опытах М.М. Протоdjeяконова.

Опыты с различными естественными и искусственными (бетон) каменными изгибаемыми конструкциями показывает, что при постепенном увеличении внешней нагрузки наблюдаются три характерные стадии напряженно-деформированного состояния:

стадия I - до появления трещин в нижней растянутой зоне потолочины, когда максимальные растягивающие напряжения по нижней поверхности потолочины меньше прочности породы на растяжение.

стадия 2 - после появления трещин в нижней части растянутой зоны, когда растягивающие усилия в местах, где образовались

трещины, воспринимаются участком растянутого породного массива над трещиной;

стадия 3 - стадия разрушения - относительно короткий период работы потолочины, когда напряжения в растянутой зоне превышают прочность породы на растяжение, а в сжатой зоне напряжения достигают прочности на сжатие, происходит разрушение потолочины от сжимающих и сдвиговых напряжений.

При дальнейшем увеличении нагрузки нарастают пластические разрушения в растянутой области и эпюра приобретает вид, показанный на рис.2. Эта схема и принимается за основную расчетную. Расчет прочности потолочины выполняется на основе сопоставления действующего максимального изгибающего момента с предельным максимальным моментом. Это условие выражается следующим неравенством:

$$M_g \leq R_p W_T \leq \frac{8h}{35} R_p \quad (1)$$

$$Z = \frac{0,0286 \sqrt{H^2 R_c k_c}}{M_g} \quad (2)$$

$$M_g = \frac{q B^2}{16}; \quad q = \gamma (H+h) \gamma \quad (3)$$

$$Z = \frac{0,457 R_c H k_c}{\gamma B^2} \quad (4)$$

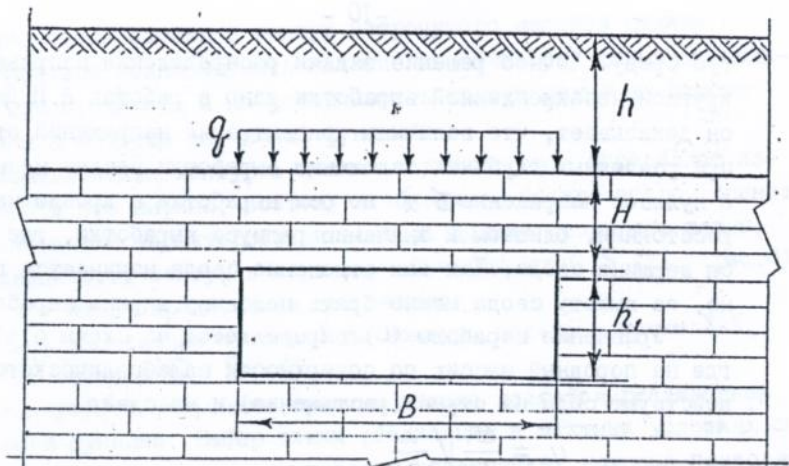
$$Z = \frac{0,316 R_c k_c}{\gamma B} \quad (5)$$

В знаменателе формулы (2) стоит значение действующего момента, который определяется по формуле (3). Их отношения дают основную расчетную формулу (4) для этой схемы. Для широких камер есть опасность "среза" потолочины на опорах, тогда запас устойчивости определяется по формуле (5), а в расчет принимается меньшее значение.

Разрушения во второй схеме начинают развиваться в кровле выработок под влиянием растягивающих напряжений и активных сил веса пород. Прогнозируемой формой разрушения кровли является разрушение с образованием свода обрушения и ненарушенными боками выработки (целиками).

В условиях однородных известняков Крыма с достаточно мощной кровлей выработки породный массив можно рассматривать как упру-

a)



б)

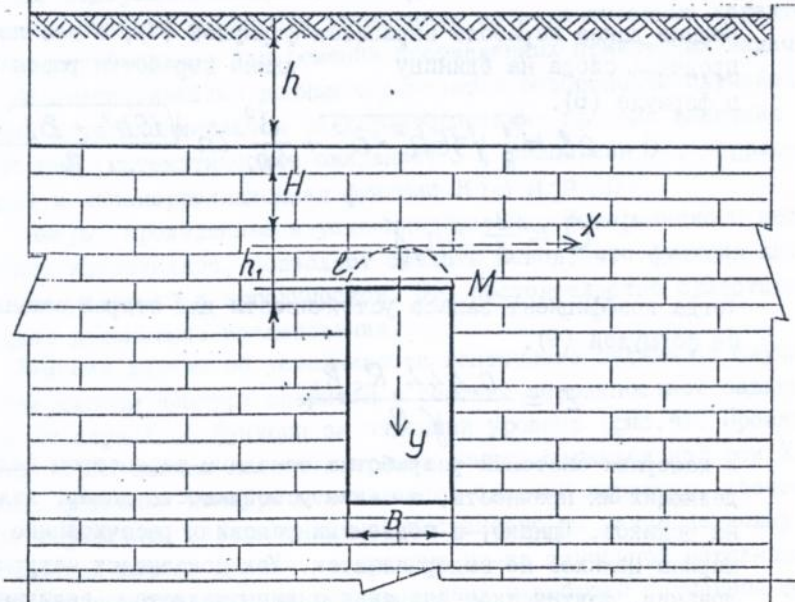
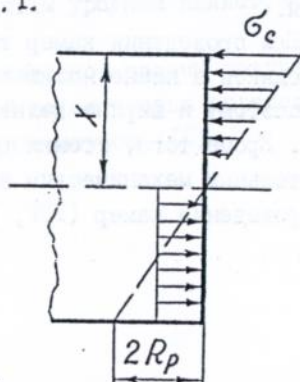
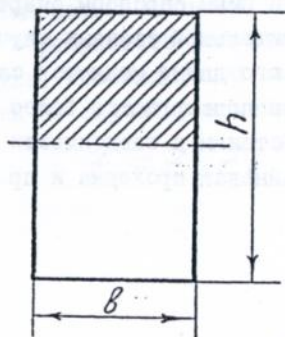


Рис. I.



гую среду. Точное решение задачи распределения напряжений вокруг круглой незакрепленной выработки дано в работах А. Н. Динника, где он доказывает, что величины концентраций напряжений отличаются при различных глубинах заложения выработки весьма незначительно, а нулевое напряжение  $\sigma_x$  по оси выработки в кровле находится на расстоянии, близком к значению радиуса выработки, где формируется вершина свода. Так как отделение свода начинается в его вершине, за высоту свода можно брать половину ширины выработки.

Уравнение параболы (6) определяется из схемы б) (рис. 1), где на породный массив по поверхности параболлического цилиндра действуют силы на отрыв (растяжение) и на сдвиг.

$$y = \frac{B}{2} \sqrt{\frac{x}{h_1}} \quad (6)$$

Полная длина параболы выразится формулой (7), а вес породы в пределах свода на единицу длины выработки равен выражению в формуле (8).

$$2\ell = \frac{1}{2} \sqrt{16h_1^2 + B^2} + \frac{B^2}{4h_1} \ln \frac{\sqrt{16h_1^2 + B^2} + 4h_1}{B} \quad (7)$$

$$Q = \frac{2}{3} B h_1 \gamma \quad (8)$$

Тогда коэффициент запаса устойчивости для второй схемы определится формулой (9).

$$Z = \frac{0,444 R_c k_c}{\gamma B} \quad (9)$$

В камерных системах разработки основным параметром целиков, определяющих их прочность, а также устойчивость камер, является ширина целиков. Однако, в подземных условиях рассчитанные значения ширины целиков не выдерживаются. Как показывают натурные исследования, фактическое значение ширины является величиной случайной.

При проведении камер тем или иным способом очертания контуров целиков в плане носят в значительной степени случайный характер, поэтому и ширина целика по его длине меняется случайным образом. Кроме того, стенки целиков подвергаются более или менее значительным механическим воздействиям в зависимости от технологии проведения камер (БВР, комбайновая проходка и др.), эти воз-

действия также изменяют контур нетроннутого массива целика.

Наиболее полно оценить влияние изменчивости размеров целика на его прочность и на устойчивость камеры можно на основе применения методов случайных функций.

Изменчивость контуров целика с двух сторон определяет изменчивость его ширины, поэтому необходимо, прежде всего, оценить статистические характеристики контура целика вдоль его длины, представив этот контур в виде случайной функции  $S(x)$ , (рис.3), где:  $x$  - ось, параллельная оси целика;

$S_i$  - расстояние от оси  $X$  до контура целика в точке  $X=X_i$   
то есть  $S_i = S(X_i)$

Конкретное очертание границы целика является реализацией случайной функции. Набор таких реализаций в шахтных условиях определяет содержание статистических наблюдений, которые позволяют оценить случайную функцию и установить ее вероятностные характеристики, необходимые для решения поставленных прикладных задач.

По статистическим данным оцениваются особенности случайной функции и устанавливаются ее характеристики: средние значения расстояний (математическое ожидание)  $\bar{S}$ , дисперсия  $\bar{D}$ , корреляционная и авиакорреляционная функции  $K(z)$  и  $\rho(z)$ .

Замеры, проведенные в условиях Восточно-Инкерманского месторождения известняков, позволяют сделать вывод, что функция является стационарной и эргодической. Это обстоятельство существенно упрощает дальнейшие исследования.

Решение задачи об устойчивости ленточного целика со случайным очертанием контура сводится к решению вероятностной задачи о выбросах случайной функции за заданный уровень (рис.4). Проектным контуром целика является прямая линия, параллельная оси  $X$ . Однако, реальные контуры целика имеют сложный характер, поэтому нужно определить в вероятностной постановке на какую величину уменьшается ширина целика на границе из-за случайной неравномерности его контура, то есть решить задачу о выбросе случайной функции за установленный уровень. Этим уровнем является проектная граница целика (ось  $OX$ ).

В результате решения поставленной задачи получена основная формула, позволяющая с заданной вероятностью определить ширину целика со случайно изменяющимся контуром (10).

$$Z_n = Z \Delta Z_s \quad (10)$$

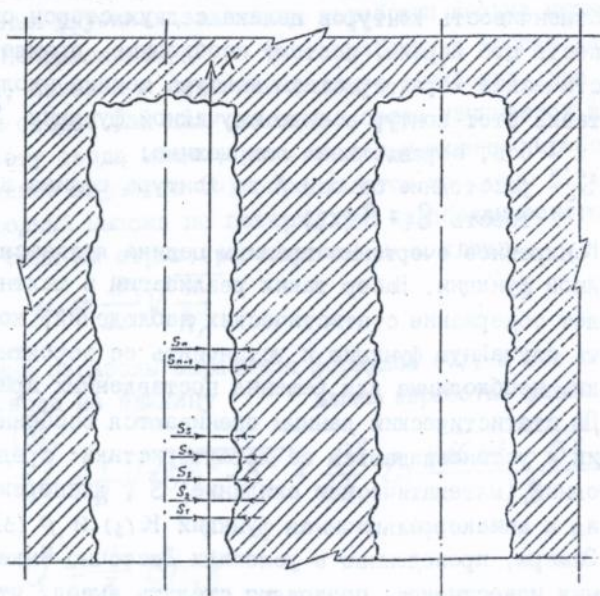


Рис. 3.

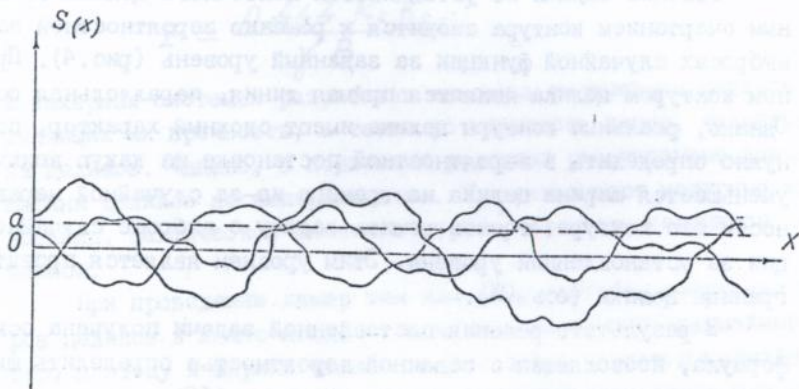


Рис. 4.

Таким образом, основные параметры камерной системы разработки (ширина целика и пролет камеры) определены. Впервые эта задача решена с привлечением вероятностных моделей.

Физико-механические свойства известняков Крыма, особенности залегания пластов и другие предпосылки социального, экономического и архитектурно-планировочного значения предопределили необходимость решения задач подземного строительства и задач подземной добычи стеновых материалов, как единого комплекса задач.

Процесс строительства подземных объектов с попутной добычей полезных ископаемых предполагает создание системы выработок с заранее заданными параметрами.

Научно-производственная фирма по эксплуатации и строительству подземных объектов ("ЭСПО" г. Симферополь) разработала ряд проектов строительства подземных сооружений различного назначения и приступила к их строительству. В проектах решены задачи расчета длительной устойчивости выработок, параметров целиков и камер и попутной добычи полезного ископаемого, в т.ч. стенового камня.

Месторождение пильных известняков "Дальнее" расположено в Первомайском районе Республики Крым. В разрезе месторождения выделен один пильный пласт известняков-ракушечников мезотического яруса, имеющий горизонтальное залегание. Средняя прочность пильных известняков  $35-75 \text{ кг/см}^2$  ПРИ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ полезного ископаемого 5,8 м.

В настоящее время ведутся работы в соответствии с проектом опытно-промышленной разработки месторождения "Дальнее", предусматривающие комбинированную (открытую и подземную) систему разработки с сопряжением работ на карьере и подземном участке.

Принятая проектом камерная система разработки и основные ее параметры - ширина камеры В и ширина целика А - проектируются, исходя из геомеханических и технологических условий разработки месторождения и уточняется контрольным просчетом с определением действительного коэффициента запаса прочности и сравнением его с допустимым минимальным значением коэффициента запаса.

Участок строительства подземного гаражного комплекса для

индивидуального транспорта расположен в черте города Симферополь. Работы по строительству комплекса будут вестись по нумеру известнякам среднего эоцена, где выделены инженерно-геологическими исследованиями массива три инженерно-геологических элемента, отличающиеся по пределу прочности на одноосное сжатие, соответственно:

И Г Э - 4 - 2,83 МПа;

И Г Э - 5 - 2,87 МПа;

И Г Э - 6 - 29,98 МПа.

Проверочными расчетами было определено, что для ИГЭ-4 коэффициент запаса прочности равен 1,6, то есть прочность целика не обеспечивается. Площадь распространения этого участка составляет 11% площади всего гаражного комплекса и находится на его восточной границе. На этом участке строительства необходимо дополнительно исследовать эффект разгрузки и разрабатывать мероприятия по увеличению несущей способности целиков.

Массив известняков Беш-Терек расположен в долине реки Беш-Терек, в 12 км от г.Симферополя. Комплекс объектов народного хозяйства, расположенный в строящихся выработках, после поочередной сдачи в эксплуатацию будет включать:

подземное овощефруктохранилище на 4,6 тыс. тонн хранения с подземной компрессорной;

материально-технический склад;

комплекс по выращиванию и переработке шампиньонов;

гаражный комплекс и другие объекты.

При строительстве комплекса подземных объектов Беш-Терек применяются, наряду с проходкой горнопроходческими комбайнами ГПКС и Ч ПП-2М, камерезные машины МКЦ-2 и МКЦ-3, позволяющие иметь требуемые параметры выработок на прямолинейных участках проходки и добывающие попутно стеновой камень из известняка.

Для известняков массива Беш-Терек, также как и в предыдущих проектах, были выделены два основных слоя, где будут вестись работы по строительству выработок. Приведенные в диссертационной работе расчеты подтверждают правильность выбранных параметров камерной системы, обеспечивающих запас прочности целиков выше 3.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в которой решена важная научная и техническая задача разработки нормативных документов для проектирования подземных сооружений долговременного назначения.

Основные научные и практические результаты диссертационной работы сводятся к следующему:

1. Разработана инженерная методика расчета устойчивости незакрепленных потолочин камер для различных условий заложения выработок, отличающихся от известных тем, что оценка устойчивости определяется путем вычислений коэффициента запаса устойчивости и сравнения его с минимально допустимым значением. В результате существенно повысилась надежность проектирования выработок и их строительства.

2. Впервые поставлена и решена задача об устойчивости целиков, как сложноструктурных объектов вероятностной природы. Установлено минимальное (допустимое) значение коэффициента запаса устойчивости для целиков. Выполненные исследования позволяют проектировать опорные элементы камерных систем разработки с высоким уровнем надежности.

3. Разработаны методические рекомендации по выбору основных параметров несущих элементов подземных выработок, обеспечивающих их долговременную устойчивость.

4. Результаты научных исследований использованы при проектировании "Спытно-промывленной разработки комбинированным способом месторождения пыльных известняков "Дальнее" и "Строительства гаражей индивидуального транспорта в подземных выработках по ул. Суходольная г. Симферополя".

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

I. Парчевский Л.Н., Глухов Н.Д., Грибенко Е.Н.

О методах количественной оценки устойчивости выработок. Депонированная рукопись, ДНТБ Украины, II. СЗ. 93, №-471 - Ук. 93.

2. Шашенко А.Н., Шарчевский Л.Я., Глухов Н.Д., Грибенко Е.Н. Методология решения задачи о вероятностной оценке прочности межкамерных целиков. Депонированная рукопись, ДНТБ Украины, 23.03.93, №-611 - Ук. 93-24с.
3. Шашенко А.Н., Шарчевский Л.Я., Глухов Н.Д., Грибенко Е.Н. Оценка несущей способности межкамерных целиков на основе вероятностно-статистических моделей, ДНТБ Украины, №-1130 - Ук. 93.

Gribenko E.N. Substantiation of the durable stability of underground (mine) workings, driven in the Crimean limestones. Manuscript.

A thesis For a candidat's of sciences degree in specialities (fields) of 05.15.04. - Mine and underground construction, 05.15.11.- Physical processes in mining pracktice. The Ukrainian State Mining Academy. Dnepropetrovsk, 1996.

The engineering methods of calculation for durable stability of underground workings 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 safety level. The test data have been used by the projecting of the underground installations which are being built now, where the problems of the simultaneous mining of the useful minerals are solved too.

Грибенко Є.М. Обґрунтування подовженої стійкості підземних виробок, пройдених в умовах вапняків Криму. Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністами 05.15.04 - Шахтне та підземне будівництво 05.15.11 - Фізичні процеси гірничого виробництва. Державна гірнича академія України, Дніпропетровськ, 1996.

В даній роботі розроблена інженерна методика розрахунків подовженої стійкості підземних виробок для різних умов залягання, які характерні для вапняків Криму. Вперше ця задача розв'язана з залученням вірогіднісних моделей і дозволяє проектувати опірні елементи камерних систем розробки з високим рівнем надійності. Результати досліджень використані при проектуванні і будівництві сучасних підземних споруд, а також розв'язані задачі попутнього видобутку корисних копалин.

Ключові слова: довгострокова стійкість, коефіцієнт запасу міцності, попутній видобуток корисних копалин.

ГРИБЕНКО Евгений Николаевич

"Обоснование длительной устойчивости подземных выработок,  
пройденных в условиях известняков Крыма"

Автореферат на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати 15.05.1996 г. Усл.печ.л.1,0

Тираж 100 экз. Заказ №110. НГП ЭСПО.

г.Симферополь, ул.З.Рухадзе,62.





AB 35.249