МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ВЫБОРУ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТ ДОНБАССА

Ленинград 1970

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
ВНИМИ

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ И ВЫБОРУ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ ШАХТ ДОНБАССА

Ленинград 1970

А Н Н О Т А Ц И Я

Указания по прогнозированию проявлений горного давления и выбору расчётных параметров крепи капитальных выработок на глубоких горизонтах шахт Донбасса составлены на основании исследований ВНИМИ, выполненных за период 1958-1968 годов, и результатов обобщения опыта поддержания выработок на глубоких шахтах Союза ССР и за рубежом.

Настоящие "Указания..." предназначены в качестве руководства проектным институтам, шахтостроительным организациям и производственным предприятиям при проектировании и сооружении капитальных выработок в условиях пологого и наклонного падения /до 30^{0}/ на больших глубинах Донбасса.

В В Е Д Е Н И Е

В последние годы в Донецком, Печорском и др. бассейнах страны ведутся работы по вскрытию и подготовке пластов, залегающих на больших глубинах. На некоторых шахтах уже в период их строительства отмечаются случаи значительной деформации крепи капитальных выработок. Большие нарушения крепи капитальных выработок зафиксированы и на действующих глубоких шахтах.

На поддержание капитальных выработок действующих шахт и шахт-новостроек непроизводительно расходуются большие средства и задействуется много рабочей силы. Из-за нарушения крепи и при перекреплении капитальных выработок осложняется работа транспорта, затрудняется вентиляция, а продвижение людей по таким выработкам становится небезопасным. По указанным причинам в целом по шахтам снижаются производственные показатели по выполнению плана добычи, повышению производительности труда рабочих и снижению себестоимости добываемого угля.

До исследований ВНИМИ борьба с деформациями крепи капитальных выработок, в том числе и на больших глубинах, в основном, велась в направлении изыскания более совершенных видов крепи, способных противодействовать большому горному давлению в выработках. С этой целью проектными и научно-исследовательскими институтами /Донгипрошахтом, ДонУГИ, ВНИИОМШС, ДГИ и др./ разработан ряд новых конструкций металлической, бетонной, железобетонной, блочной и тюбинговой крепи арочной и замкнутой формы, которые уже применяются или находятся в стадии опытного промышленного внедрения в капитальных выработках глубоких шахт.

Обобщением опыта проходки и крепления капитальных выработок и исследованиями ВНИМИ было установлено, что в большинстве случаев, в том числе и на больших

глубинах, крепь капитальных выработок нарушается по причинам неправильного выбора схем их расположения, несоответствия применяемых типов крепи и способов охраны геологическим и горнотехническим условиям, в которых проходятся и поддерживаются капитальные выработки. Поэтому исследовательские работы ВНИМИ были направлены на изыскание наиболее благоприятных условий работы крепи путем выбора рациональных схем расположения выработок и способов их охраны, определение основных расчетных параметров и выбор типа крепи капитальных выработок, сооружаемых в различных геологических условиях на больших глубинах. С этой целью изучались геологические условия и горнотехническая обстановка проходки и поддержания выработок, величины и характер деформации пород и крепи во времени, величины и характер распределения нагрузок по контуру крепи выработок, напряженное состояние пород в зоне влияния выработок.

Обобщение результатов исследований и анализ условий работы крепи привели к выводу о том, что при прогнозировании проявлений горного давления должны предусматриваться мероприятия по обеспечению нормальных условий эксплуатации выработок, которые не осложнялись бы горнотехнической обстановкой их проходки и поддержания и, при которых исключались бы усиленные проявления горного давления в капитальных выработках.

В последние годы /1965-68 г.г./ научно-исследовательскими институтами в содружестве с проектными институтами и производственными организациями изданы ряд временных положений, руководств и инструкций/1-5/ по выбору типов крепи, расчету ожидаемого давления на крепь и оценке основных расчетных параметров крепи капитальных выработок.

Временные положения /I/, изданные в 1965 году, нуждаются в уточнении рекомендаций по охране, расположению и креплению капитальных выработок с учётом результатов исследований, проведенных в последние годы.

В остальных изданных документах /2-5/ основное внимание уделяется определению основных расчётных параметров крепи капитальных выработок.

В этих работах не рассматриваются вопросы выбора наиболее благоприятных условий работы различных видов крепи в капитальных выработках и не устанавливается область их рационального применения.

В 1968 году МГИ издано временное руководство по прогнозу устойчивости капитальных выработок /6/. Как видно из содержания руководства, оно не распространяется на глубокие шахты.

Настоящие "Указания по прогнозированию проявлений горного давления и выбору основных расчётных параметров крепи капитальных выработок на глубоких горизонтах шахт Донбасса" составлены на основе обобщения результатов исследовательских работ, выполненных за период 1958-1968 годов по теме "Исследование проявлений горного давления в капитальных выработках на пластах пологого и наклонного залегания глубоких шахт Донбасса".

Проект "Указаний..." был разослан для обсуждения в 35 адресов заинтересованным производственным и строительным предприятиям и организациям, научно-исследовательским, проектным и учебным институтам. По высланным "Указаниям..."

получено 13 отзывов с заключениями и предложениями, в том числе получены отзывы Технического управления Министерства угольной промышленности УССР, комбинатов "Донецкшахтострой" и "Грузуголь", Донгипрошахта и Ростовгипрошахта, МГД им.А.А.Скочинского, ДонУГИ, ИФЗ АН СССР, ЛГИ им. Г.В.Плеханова, МГИ, Кадиевского филиала КГМИ и др.

Проект "Указаний обсуждался и одобрен на технических совещаниях комбинатов "Ростовуголь" и "Луганскуголь".

В настоящих "Указаниях..." учтены все обоснованные замечания и предложения. Не учтены только те замечания, которые не согласуются с результатами исследований ВНИМИ или для учёта и обоснования которых, на данной стадии изученности вопроса, ещё не накоплено достаточно данных и результатов исследовательских работ.

При составлении "Указаний..." авторы отдавали себе отчёт в том, что сделана только первая попытка обобщить результаты исследований в указанном направлении. Многообразие факторов, оказывающих влияние на проявление горного давления в капитальных выработках, сложность и трудоёмкость исследований, направленных на выполнение качественной и количественной оценки их влияния, определили неодинаковую степень изученности и обоснования затрагиваемых в работе вопросов. Ряд вопросов (влияние сечения и типов крепи на расстояние, исключающее вредное взаимное влияние параллельных выработок, обоснование надёжного и более представительного критерия для оценки устойчивости пород в обнажениях выработок, влияние угла падения пластов и пород и т.п.) остались открытыми и на данной стадии изученности

ещё не нашли должного решения. Указанные и другие вопросы, определяющие проявления горного давления в капитальных выработках, будут изучаться, а "Указания" дополняться и уточняться на основе дальнейших исследований.

"Указания..." рассматривались на совещании в управлении угольной промышленности УССР и Груз.ССР МУП СССР 25 июля 1969 года, одобрены и рекомендованы к использованию в качестве руководства проектным институтам, производственным и строительным предприятиям и организациям при проектировании и сооружении капитальных выработок на глубоких горизонтах шахт Донбасса.

В разработке "Указаний" принимали участие сотрудники лаборатории горного давления в капитальных и подготовительных выработках кандидаты техн.наук Давыдович И.Л., Райский В.В. и Басинский Ю.М., млад.научный сотрудник Рогов Е.С.

Методика расчёта монолитной крепи выработок разработана сотрудником лаборатории теоретических исследований канд.техн.наук Амусиным Б.З. Программа для расчёта крепи на ЭВМ составлена инженером лаборатории вычислительной техники Жуковым В.Г.

В экспериментальных работах по изучения проявлений горного давления в капитальных выработках, в подготовке и тарировке приборов принимали участие старшие научные сотрудники Иванов Е.А. и Нейман Л.К., младшие научные сотрудники Комиссаров В.В., Уварова Е.П., и.о.инженера Донской И.С., мастер-механик Блинаров А.П. и механик Гусев В.В. В лабораторных работах и камеральной обработке

материалов исследований участвовали Капитянская Л.Э. и Прохорова Н.Н.

Руководитель исследовательских работ по теме канд.техн.наук Давыдович И.Л.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Прогнозирование проявлений горного давления производится с учетом геологических и горнотехнических факторов и производственно-технической обстановки, определяющей условия эксплуатации выработок.

2. Основными геологическими и горнотехническими факторами, подлежащими учету, являются:

А. Геологические факторы:

а/ литологический состав, мощность и физико-механические свойства слоев пород, в которых сооружаются выработки;

б/ структура и нарушенность пород массива;

в/ глубина расположения выработки от поверхности;

г/ угол падения слоев пород /пластов/;

д/ обводненность выработок.

Б. Горнотехнические факторы:

а/ форма и размер сечения выработки;

б/ характеристика крепи /сопротивление нагрузкам и податливость/;

в/ влияние смежных и сопрягающихся выработок;

г/ способы охраны выработок от вредного влияния очистных работ;

д/ способы проходки выработок.

Физико-механические свойства пород для оценки их устойчивости в обнажении и прогноза склонности пород к развитию деформаций ползучести должны быть представлены, как минимум, пределом прочности и коэффициентами бокового распора при кратковременном и длительном приложении нагрузки. Для расчета крепи в подземных выработках необходимо дополнительно иметь модуль упругости пород, коэффициент Пуассона, угол внут-

реннего трения.

Эти данные о физико-механических свойствах и трещиноватости пород должны предоставляться в геологических отчетах, выполняемых геологоразведочными организациями.

Сведения о нарушенности и трещиноватости пород массива должны включать элементы залегания всех основных систем ослабления рассматриваемого участка массива, включая напластование, а также показатели интенсивности трещиноватости.

При выборе отметки заложения откаточного горизонта должны учитываться свойства пород, в которых располагаются выработки околоствольных дворов. Для этого необходимо изучать свойства пород в пределах до 100м выше и до 50м ниже рабочего пласта /пластов/, вскрываемого выработками откаточного горизонта.

3. При выборе рационального места расположения выработок необходимо учитывать условия вентиляции, водоотлива, транспортировки грузов, степень опасности выработок по газу и пыли, склонность пластов и пород к внезапным выбросам и горным ударам и т.п. Эти производственно-технические факторы учитываются путем выполнения требований "Правил безопасности", инструкций, руководств и положений, действующих на период их использования.

II. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

4. "Указания по прогнозированию проявлений горного давления в капитальных выработках и выбору расчетных параметров крепи" составлены применительно к нижеследующим геологическим и горнотехническим условиям проходки и поддержания выработок:

а/ состав пород вскрываемой толщи представлен переслаивающимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками, характерными для Донецкого бассейна /типа Донецк-Макеевского и Торезского районов/;

б/ глубина вскрытия пластов и проходки выработок 600-1200м;

в/ залегание пластов пологое и наклонное /до 30°/;

г/ способы проходки - обычные /специальные способы проходки не рассматриваются/;

д/ сечение выработок до 18 м2;

е/ виды крепи - жесткие и податливые, принятые в капитальных выработках;

ж/ способы охраны от влияния очистных работ - целиками /рассматриваются выработки, находящиеся вне зоны влияния очистных работ).

5. При проектировании и сооружении капитальных выработок, проходимых по пластам и породам, склонным к внезапным выбросам и горным ударам, настоящие "Указания..." могут применяться при соблюдении изданных правил, инструкций и руководств по безопасному ведению горных работ на указанных пластах /породах/, утвержденных Госгортехнадзором и Министерством угольной промышленности СССР.

6. "Указания..." не распространяются на следующие условия:

а/ наклонные /свыше 30°/ и крутое падение;

б/ проходка выработок с применением специальных методов /при наличии плывунов и т.п./;

в/ выработки находятся в зоне очистных работ по собственному, подрабатывающему или надрабатывающему пластам.

В этих или других условиях проходки и поддержания капитальных выработок, отличающихся от условий, приведенных в п.4, прогнозирование проявлений горного давления, выбор рациональных схем расположения, способов охраны и типов крепи производится на основе заключения специализированных научно-исследовательских институтов.

Ш. УСЛОВИЯ РАБОТЫ И ХАРАКТЕР ДЕФОРМАЦИИ КРЕПЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ.

§ I. Классификация условий проходки и поддержания капитальных выработок.

7. Капитальные выработки по направлению их проходки рекомендуется подразделять на выработки, пройденные:

- вкрест простирания пород с отклонением направления оси выработки от азимута падения пород на угол β_1, не превышающий $\pm 20^0$ /I группа/;

- по простиранию пород с отклонением направления оси выработки от азимута простирания пород на угол β_2, не превышающий $\pm 30^0$ /II группа/;

- вкрест простирания пород под углом β_3, равным $30\text{-}60^0$ к азимуту простирания пород /III группа/.

8. Капитальные выработки по расположению в породах разного литологического состава рекомендуется подразделять на выработки, пройденные /рис.I/:

- в мощной / > 20м/ толще неустойчивых пород /схема I/;

- в толще неустойчивых пород у контакта с покрывающими более устойчивыми породами /схема II/;

- в толще устойчивых пород у контакта с подстилающими неустойчивыми породами /схема III/;

- в мощной / > 20м/ толще устойчивых пород /схема IУ/;

- в толще устойчивых пород с покрывающими менее устойчивыми породами /схема У/;

- в толще неустойчивых пород у контакта с подстилающими устойчивыми породами /схема УI/.

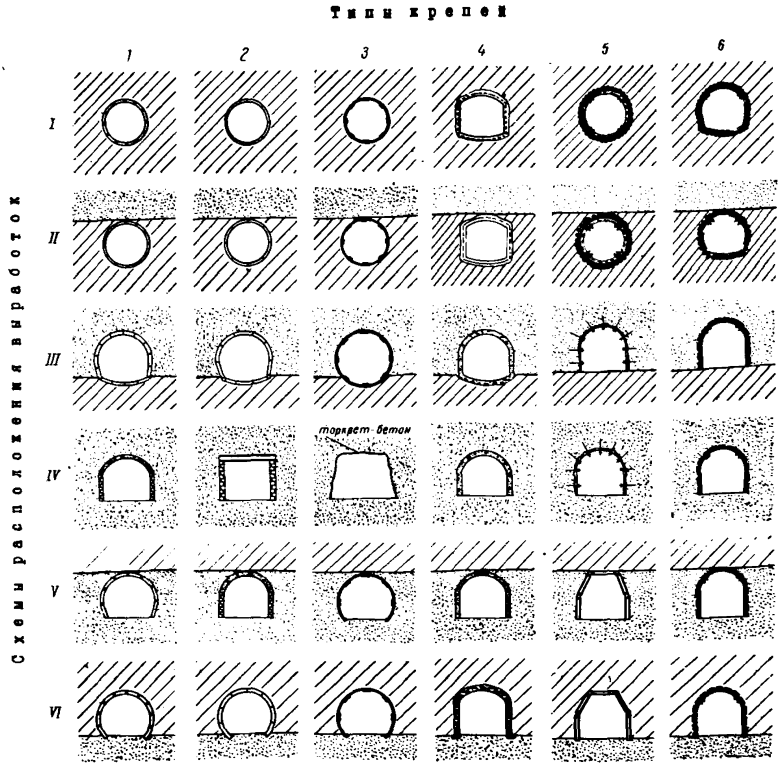


Рис. I. Типы крепей капитальных выработок при основных схемах их расположения в породах разной устойчивости

– устойчивые породы, – неустойчивые породы

9. Капитальные выработки по месту их расположения относительно друг друга рекомендуется подразделять на выработки, пройденные /рис.2/:

- в одной горизонтальной плоскости в одинаковом направлении /схемы I-2/;

- в одной горизонтальной плоскости и пересекающиеся под различными углами /схемы 3-8/;

- в разных горизонтальных плоскостях в одинаковом направлении /схемы 9-II/;

- в разных горизонтальных плоскостях и в различных направлениях /схема I2/.

§ 2. Классификация крепей и устойчивости пород в капитальных выработках.

I0. Крепи, применяемые на больших глубинах, по характеру взаимодействия с породами и по своим конструктивным особенностям можно разделять на следующие виды:[x]

I. вид. Незамкнутые сводчатые жесткие крепи:

а/ монолитная бетонная или железобетонная крепь с гибкой или жесткой арматурой;

б/ смешанная крепь с бетонитовыми или кирпичными стенами и бетонным сводом;

в/ металлическая крепь из двухтаврового профиля с железобетонной затяжкой;

г/ сборная /тюбинговая и блочная/ крепь.

II вид. Незамкнутые прямоугольные, трапециевидные жесткие крепи:

---

x/ Под видом крепи мы понимаем группу крепей, характеризующихся примерно одинаковым механизмом взаимодействия с окружающими выработку породами и имеющих сходство в работе элементов конструкции.

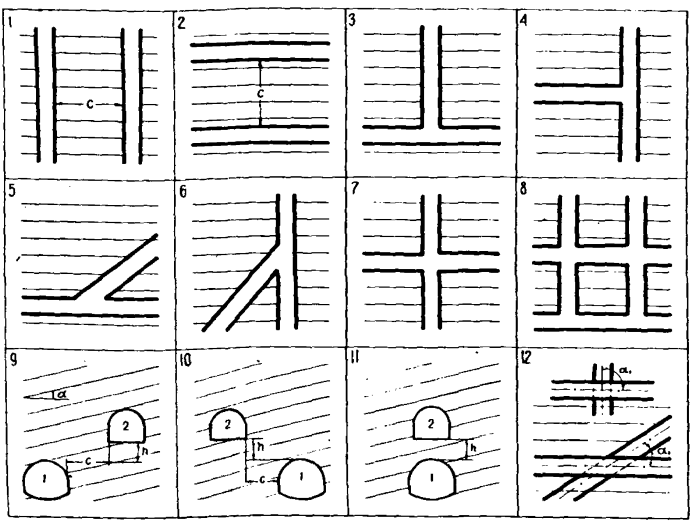


Рис. 2. Основные варианты взаимного расположения капитальных выработок

α - угол падения пород, h - расстояние между выработками по вертикали, α_1 - угол между проекциями осей выработок на горизонтальную плоскость, С - допустимое расстояние между выработками.

а/ смешанная крепь с бетонитовыми или кирпичными стенами и прямолинейными железобетонными или металлическими верхняками с железобетонной затяжкой;

б/ металлическая двутавровая крепь с железобетонными затяжками;

в/ сборная крепь из железобетонных трубчатых элементов;

г/ сборная крепь из ребристых элементов типа УТЭ, УРП и др.

Ш вид. Замкнутые жесткие крепи:

а/ железобетонная кольцевая или сводчатая с пониженным обратным сводом крепь с гибкой арматурой;

б/ железобетонная кольцевая или сводчатая с пониженным обратным сводом крепь с жесткой арматурой;

в/ металлическая кольцевая или сводчатая двутавровая с пониженным обратным сводом крепь и железобетонными затяжками;

г/ блочная и тюбинговая крепь без податливых прокладок.

IУ вид. Незамкнутые податливые крепи:

а/ арочная податливая крепь из спецпрофиля с деревянной или железобетонной затяжкой;

б/ металлическая или сборная железобетонная шарнирная арочная крепь с железобетонной затяжкой;

в/ блочная или тюбинговая с податливыми прокладками крепь циркульного очертания без обратного свода;

У вид. Замкнутые податливые или ограниченной податливости крепи:

а/ кольцевая или с пониженным обратным сводом податливая крепь из спецпрофиля с деревянной или железобетонной затяжкой;

б/ блочные панельные /7/ или тюбинговые крепи с податливыми прокладками.

II. По устойчивости породы в капитальных выработках различаются на: неустойчивые породы, породы средней устойчивости и устойчивые породы. Оценка устойчивости пород в выработках, поддерживаемых в нормальных условиях эксплуатации, производится по пределу прочности на одноосное сжатие породы в куске /табл. I/[x].

Таблица I

Глубина проходки выработки от поверхности, м	Предел прочности пород на одноосное сжатие, кг/см²		
	неустойчивые породы	породы средней устойчивости	устойчивые породы
600 - 800	< 600	600 - 800	> 800
800 -1000	< 700	700- 900	> 900
1000 -1200	< 800	800 -1000	> 1000

Неустойчивые породы характеризуются склонностью к обрушению и пластическому течению пород в выработки. Породы, ослабленные трещины, а также породы зон геологических нарушений, независимо от прочности в куске, следует относить к неустойчивым.

Породы средней устойчивости в нормальных условиях проходки и поддержания выработок /одиночная выработка проходится за пределами влияния смежных выработок, сечение выработки в свету не более 18 м2, вчерне оконтуривается по паспорту/ не склонны к обрушению и выдавливанию в выработки.

x/ Оценка устойчивости пород по их пределу прочности на одноосное сжатие является временной мерой до тех пор, пока не будут разработаны другие более представительные критерии. Правомерность применения данной характеристики в настоящее время обусловливается достаточной ее изученностью и доступностью в определении, а также тем, что другие характеристики зависят от прочностных характеристик и в ряде случаев определяются ими.

В тяжелых условиях проходки и поддержания /недостаточное расстояние между смежными выработками, в районе сопряжений выработок, наличие вывалов породы и кровли в период проходки, неравномерность забутовки и т.п./ породы средней устойчивости склонны к обрушению и выдавливанию.

Устойчивые породы не склонны к обрушению и пластическому течению в выработки.

12. Увлажнением пород в выработках снижается прочностные характеристики и увеличивается их склонность к пластическим деформациям в зоне влияния выработки.

По степени обводненности в выработках следует различать породы:

- сухие - не обводненные с естественной влажностью;

- обводненные - при скоплении воды на подошве выработки или при наличии капежа воды из кровли выработки.

При оценке устойчивости обводненных пород в выработках по пределу прочности на сжатие рекомендуется уменьшать:

- предел прочности на одноосное сжатие неустойчивых и средней устойчивости пород примерно на 15%;

- предел прочности на одноосное сжатие устойчивых пород примерно на 20%.

Подсчитанная величина предела прочности на сжатие обводненных пород является исходной для оценки их устойчивости в выработках по табл.I.

§ 3. Оценка устойчивости обнажений пород в капитальных выработках.

13. Оценку устойчивости обнажений в капитальных выработках рекомендуется производить по данным табл.I и графику рис.3, где H - глубина расположения выработки в метрах, $\sigma_{сж}$ - предел прочности пород на сжатие, кг/см2.

На графике /рис.3/ линии I и 2 разграничивают области неустойчивого и устойчивого состояния обнажений пород в капитальных выработках. Область между линиями I и 2 характеризует предельное состояние обнажений пород. В одних горнотехнических условиях /одиночная выработка, сечение выработки вчерне соответствует паспорту, размер сечения не более I8 м2/ эти обнажения пород приближаются к состоянию устойчивых, в других /в зоне взаимного влияния выработок, большое сечение выработок - более I8 м2, на сопряжениях выработок, на участках выработок, пройденных с вывалами пород из кровли и боков/ - теряют устойчивость и нарушаются.

14. При проходке выработок в породах с разными свойствами /схемы П, Ш, У, УI, рис.I/ устойчивость пород оценивается по среднему пределу прочности слоя на сжатие с учетом ослабления устойчивых пород вблизи контакта с неустойчивыми породами и упрочнения неустойчивых пород вблизи контакта с устойчивыми породами.

За величину $\sigma_{сж}$ при этом должна приниматься величина предела прочности на сжатие:

- устойчивых пород у контакта с менее устойчивыми $\sigma_{сж} = \sigma^{ср}_{сж} /I - \upsilon /$;

- неустойчивых пород у контакта с более устойчивыми $\sigma_{сж} = \sigma^{ср}_{сж} /I + \upsilon_1 /$;

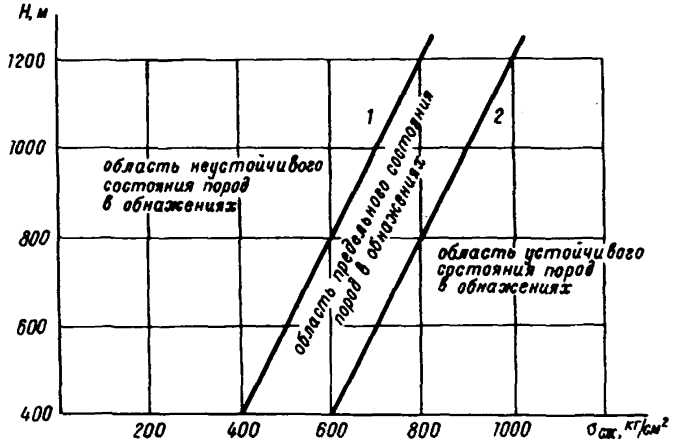


Рис. 3. Графики для оценки устойчивости пород в выработках

где $\sigma_{сж}^{ср}$ - средний предел прочности слоя на сжатие, кг/см2;

υ - коэффициент ослабления пород, равный 0,I на контакте песчаника с алевролитом, 0,35 - на контакте песчаника с углем или аргиллитом, 0,2 - на контакте алевролита с аргиллитом, 0,4 - на контакте алевролита с углем, 0,3 - на контакте аргиллита с углем;

υ_1 - коэффициент упрочнения пород, равный 0,I на контакте алевролита с песчаником, 0,35 - на контакте аргиллита с песчаником, 0,2 - на контакте аргиллита с алевролитом.

Оценка устойчивости в обнажениях производится раздельно по каждому слою пород контура выработки.

Примеры проверки устойчивости обнажения породного слоя в протяженной капитальной выработке даны в § I приложения I.

§ 4. Механизм взаимодействия и характер деформации крепи и пород в зоне влияния вокруг выработки и позади забоя проходимой выработки

I5. При проходке выработок нарушается равновесие пород, существовавшее в нетронутом массиве. В зоне влияния вокруг выработки происходит изменение напряженного состояния от двухосного на контуре сечения выработки до трехосного - в глубине массива. В результате вокруг выработки образуются /8/:

- зона пониженных напряжений;
- зона повышенных напряжений;
- область естественного напряженного состояния пород массива.

Зона пониженных напряжений /рис.4/ распространяется на некоторое расстояние от контура сечения выработки вчерне. При наличии неустойчивых пород и при креплении выработки незамкнутой крепью неупругие деформации пород этой зоны развиваются с асимптотически затухающей скоростью и на некотором расстоянии позади забоя выработки устанавливается средняя постоянная скорость пластического течения их в выработку. В этом случае зона пониженных напряжений /зона псевдопластических деформаций/ во времени распространяется вглубь массива от контура сечения выработки вчерне /рис.5"а"/.

При наличии устойчивых пород зона пониженных напряжений распространяется на меньшее расстояние от контура сечения выработки. При этом скорость неупругих деформаций в этой зоне позади забоя выработки равномерно затухает и на некотором расстоянии позади забоя выработки деформации прекращаются /рис.5"б"/.

Зона повышенных напряжений /рис.4/ характеризуется напряженным состоянием пород, превышающим напряжение в массиве за пределами зоны влияния выработки. В этой зоне породы претерпевают только упругие деформации с ослаблением связей по плоскостям естественной трещиноватости и по напластованию.

16. Величина зон и характер деформации пород в зонах влияния вокруг выработки зависят от различных геологических и горнотехнических факторов и, главным образом, от состава и свойств окружающих выработку пород. Для сравнительного анализа поведения крепи и характера деформации пород разного литологического состава и свойств в зонах влияния вокруг выработок рассматриваются случаи их поддержания при прочих одинаковых условиях, например, когда выработки закреплены сводчатой бетонной крепью и имеют одинаковые размеры.

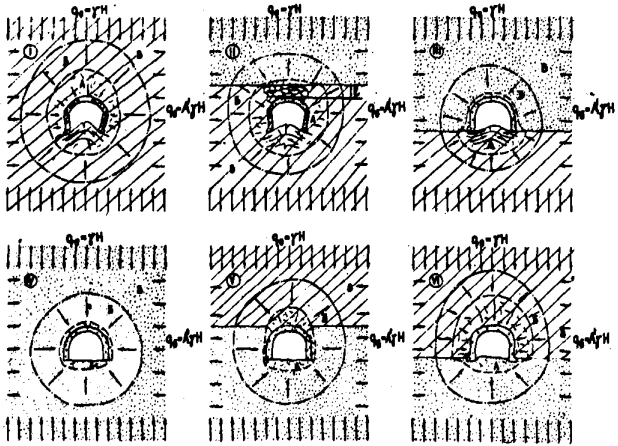


Рис.4 Основные схемы расположения выработок и распределения зон пониженных и повышенных напряжений в породах разного литологического состава и свойств.

▨ - неустойчивые породы; ▩ - устойчивые породы; А - зона пониженных напряжений; Б - зона опорного давления - область повышенных напряжений пород; В - область естественного напряженного состояния пород в массиве; ═ - направления действия сил, возникающих в зонах; $q_в$ - вертикальное давление в массиве; $q_б$ - боковое давление пород в массиве; γ - приведенный объемный вес пород; λ - коэффициент бокового распора; Н - глубина проходки выработки от поверхности; Ⅴ - порядковый номер схемы.

На рис.4 приведены шесть основных схем расположения выработок, которые наиболее часто встречаются в практике их проходки в породах разного литологического состава и свойств. На каждой схеме ориентировочно оконтурены: зона пониженных напряжений /А/, зона повышенных напряжений /Б/ и область естественного напряженного состояния пород массива /В/.

На схемах /рис.4/ рассмотрены случаи проходки выработок по неустойчивым и устойчивым породам. Породы средней устойчивости по характеру деформации в нормальных условиях эксплуатации выработки аналогичны устойчивым, а в тяжелых условиях поддержания - неустойчивым породам.

Характер изменения скоростей смещения пород на контуре сечения выработки и границы области неупругих деформаций позади забоя выработок, проходимых по неустойчивым /а/ и устойчивым /б/ породам, иллюстрируются рис.5.

17. При выборе наиболее благоприятных условий проходки и поддержания выработок во всех случаях задача сводится к выбору таких условий, при которых обеспечивались бы наименьшая зона пониженных напряжений вокруг выработки и минимальная продолжительность развития деформаций в этой зоне позади забоя проходимых выработок. Это может быть достигнуто путем выбора рациональных схем расположения, способов охраны и типов крепи выработок в соответствующих геологических условиях.

Как видно из графика /рис.5б/ благоприятные геологические условия поддержания выработок создаются при их проходке по устойчивым породам /схема IУ, рис. I,4/. В этом случае область неупругих деформаций распространяется на сравнительно небольшое расстояние от контура сечения выработки вчерне, а деформации равно-

мерно затухают и прекращаются на некотором расстоянии позади забоя выработки.

На величину смещения пород по контуру сечения выработок вчерне и развитие деформаций пород вглубь массива оказывает влияние сопротивление крепи. Правильно выбранная крепь капитальных выработок должна препятствовать смещению пород по контуру сечения выработки вчерне и развитию деформации пород вглубь массива во времени. В неустойчивых породах, склонных к выдавливанию, такую роль выполняют крепи замкнутых видов.

В устойчивых породах капитальные выработки могут крепиться облегченными незамкнутыми видами крепи, в том числе и штанговой крепью с торкретбетоном. В этих породах крепь служит как ограждение от случайного выпадания кусков и глыб породы из кровли и боков выработки, а также для предохранения породы от выветривания.

18. Наиболее неблагоприятные случаи проходки и поддержания выработок представлены на схемах I,II /при $\gamma > 2{,}5$м/ и VI /рис.4/, когда выработки частично или полностью проходятся по неустойчивым породам, склонным к пластическому выдавливанию.

В этих случаях механизм нарушения незамкнутой крепи в капитальных выработках представляется в следующем виде.

Под влиянием вертикального и бокового давления происходит выдавливание пород из подошвы и боков выработки. По мере выдавливания пород увеличивается давление на боковые стены незамкнутой крепи. Реакция отпора боковых стен незамкнутых видов крепи определяется небольшим пределом прочности их на изгиб. Поэтому при сравнительно небольших нагрузках со стороны боковых пород происходит нарушение боковых стен

крепи. В боковых стенах бетонной крепи, преимущественно на уровне пяты свода, появляются трещины, в основном, горизонтального направления. Боковые элементы металлической жесткой или податливой крепи при нагрузках, превышающих предел прочности на изгиб, деформируются, изгибаясь в выработку.

Ослабленная трещинами бетонная крепь или деформированная металлическая крепь теряет свою начальную несущую способность и в дальнейшем нарушается под влиянием сравнительно небольших нагрузок со стороны боковых пород. При выдавливании пород почвы и боков в выработку происходит опускание налегающих пород кровли. Такое смещение пород кровли создает большую нагрузку на свод или прямолинейные верняки крепи, что приводит к их нарушению /рис.6, виды крепи I,II/.

Перекрепление выработок незамкнутой крепью не прекращает деформаций пород, а следовательно, развитие деформаций будет распространяться вглубь массива. При этом ухудшаются условия работы вновь установленной крепи в выработках.

Процесс деформаций пород усиливается при оставлении за крепью незабученных пустот, образующихся в результате вывалов из кровли и боков, в случае геологических нарушений, из-за обводненности выработок и т.п.

Описанный механизм взаимодействия пород с крепью характерен для всех незамкнутых крепей I, II и IУ видов /рис.6/, когда выработки пройдены по неустойчивым, склонным к выдавливанию породам. Поэтому обязательным условием нормальной работы крепи капитальных выработок в неустойчивых породах является наличие обратного свода.

19. При проходке выработок происходят интенсивные смещения пород на контуре сечения и в зоне вокруг выработки. При этом наибольшая скорость сме-

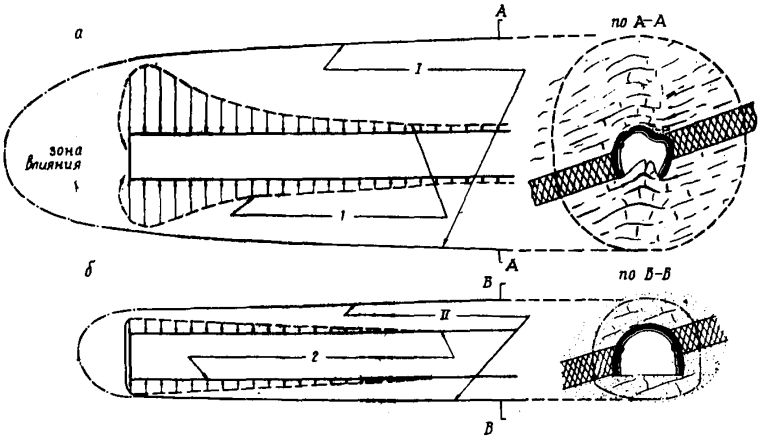


Рис.5 Зоны пониженных напряжений вокруг выработок, пройденных по неустойчивым (а) и по устойчивым (б) породам.

I,II – граница зон неупругих деформаций,
I,2 – характер изменения скоростей деформаций пород на контуре сечения выработки.

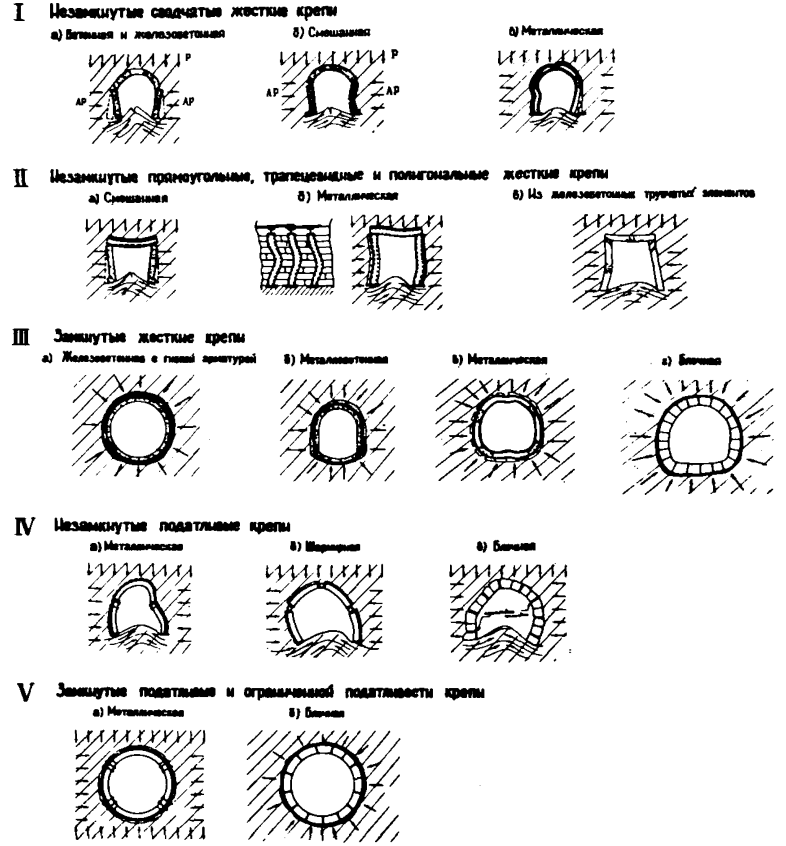


Рис. 6. Характер деформации основных видов крепи капитальных выработок

щений пород наблюдается со стороны кровли выработки. Величины и скорости смещения пород позади забоя выработки тем больше, чем неустойчивее породы и чем больше сечение выработки.

В тех случаях, когда выработка проходится по неустойчивым породам и закреплена крепью без обратного свода, скорость смещения пород по контуру сечения выработки вчерне по мере удаления от ее забоя асимптотически уменьшается до некоторой средней величины, характерной для данных горногеологических условий поддержания выработки /рис.5 "а"/. При креплении выработки, проходимой по неустойчивым породам, замкнутой крепью или в тех случаях, когда выработка проходится по устойчивым породам, скорость смещения пород на контуре сечения выработки по мере удаления от ее забоя уменьшается до нуля /рис.5 "б"/. Исследованиями в нормальных условиях эксплуатации выработок установлены следующие размеры зон интенсивных смещений пород позади забоя выработок и средние величины относительных смещений пород на границе этих зон /при проходке выработок по паспорту со средней скоростью 30 м/мес табл.2/. При остановленном забое выработки интенсивные деформации пород позади забоя выработки продолжаются в течение до 1-2 мес.

При выборе типов крепи капитальных выработок должны учитываться указанные средние величины относительных смещений пород на границе зон интенсивных смещений позади забоя выработки. На их основе устанавливается *соответствующая податливость крепи*, которая может создаваться применением податливых прокладок /конструктивная податливость/ или за счет сжатия мелкокусковатой забутовки /технологическая податливость/.

20. При креплении выработок бетонной крепью или при бетонировке промежутков между жесткими рамами период твердения бетона длится в течение месяца после ее установки. Под влиянием интенсивных смещений пород позади забоя проходимой выработки бетонная крепь будет воспринимать нагрузки, превышающие грузонесущую способность бетона крепи в период до его твердения. Поэтому установка бетонной крепи или бетонировка промежутков между жесткими рамами в кровле выработки /где сказываются максимальные смещения/ должны производиться за зоной интенсивных смещений пород позади забоя выработки /табл.2/.

21. Неравномерность нагружения крепи по контуру сечения и длине выработок в ряде случаев обусловливается неравномерной забутовкой и оставлением за крепью незабученных пустот, образовавшихся в результате вывалов при проходке или перекреплении выработок. Поэтому необходимо обеспечить надлежащий контроль за строгим оконтуриванием выработок вчерне /по паспорту/, а также за обеспечением тщательной и равномерной забутовки закрепного пространства мелкокусковатой породой, не склонной к разбуханию при ее увлажнении.

22. При проходке выработок по неустойчивым наклонно залегающим породам /пластам/ в направлении простирания увеличивается неравномерность нагружения крепи по контуру сечения выработки. В тяжелых условиях проходки и поддержания выработок максимальные нагрузки со стороны восстания достигают предельных разрушающих крепь величин. Поэтому наиболее целесообразным является расположение основных капитальных выработок, в том числе и выработок околоствольных дворов, вкрест простирания переслаивающихся пород.

Таблица 2

Сечение выработки в свету, $м^2$.	Размер зоны интенсивных смещений пород /м/ позади забоя выработок, проходимых:		Средние величины относительных смещений пород по контуру сечения выработки вчерне зоны интенсивных смещений, мм			
			устойчивые породы		неустойчивые породы	
	по устойчивым породам	по неустойчивым породам	кровли-почвы	боков выработки	кровли-почвы	боков выработки
6 - 12	5-10	15 - 20	до 50	до 30	100-150	70-100
12 - 18	10-15	20 - 30	50-100	30-70	150-300	100-200

23. Неблагоприятные условия поддержания выработок создаются в тех случаях, когда окружающие выработки породы представлены слабыми литологическими разновидностями, а сами выработки ориентированы так, что их направление совпадает или составляет угол, не превышающий 30^{c} с направлением двух и более плоскостей ослабления /кливажа/.

Также расположение выработок по отношению к плоскостям ослабления создает благоприятные условия для деформирования пород. По этим же причинам создаются тяжелые условия поддержания капитальных выработок в зонах геологических нарушений. Поэтому при выборе места расположения капитальных выработок необходимо учитывать зоны геологических нарушений, а основные выработки околоствольных дворов располагать с учетом плоскостей основных систем трещин /кливажа/.

§ 5. Влияние смежных и сопрягающихся выработок на устойчивость пород и состояние крепи.

24. Интенсивным деформациям крепи и пород в выработках способствует большая изрезанность околоствольного целика выработками. При этом зоны влияния смежных выработок накладываются друг на друга, в результате чего сильно возрастают нагрузки на крепь и окружающие выработку породы. Инструментальными наблюдениями установлено, что зона влияния смежных выработок распространяется до 20-30м при проходке по неустойчивым породам и до 10-15м в обе стороны от контура сечения выработки при их проходке по устойчивым породам.

25. При проходке сопрягающихся выработок по неустойчивым породам вблизи сопряжения интенсивно нарушаются породы и крепь основных выработок. При

этом величина и интенсивность деформаций тем больше, чем меньше угол, под которым проходятся сопрягающиеся выработки к основным выработкам. Исследованиями установлено, что при проходке сопрягающихся выработок по неустойчивым породам влияние сопряжения в основной выработке распространяется на расстояние до 20-25м в обе стороны от сопряжения. При проходке сопрягающихся выработок по устойчивым породам не установлено ухудшение состояния пород и крепи в выработках основного направления.

§ 6. Влияние очистных работ на устойчивость пород и крепи в капитальных выработках.

26. Капитальные выработки, на которые распространяются настоящие "Указания...", не должны попадать в зону влияния очистных работ, которая распространяется как на выработки, расположенные ниже разрабатываемого пласта /надработка/, так и на выработки, расположенные выше разрабатываемого пласта /подработка/. С целью охраны капитальных выработок от вредного влияния очистных работ, последние не должны приближаться к охраняемой выработке ближе, чем на величину зоны вредного проявления опорного давления на заданную крепь.

27. Зона вредного проявления опорного давления на жесткую крепь в плоскости пласта при проходке выработок на больших глубинах в Донецком бассейне распространяется впереди забоя на 100м при проходке выработок по неустойчивым породам и на 70м при проходке выработок по устойчивым породам. При применении податливой крепи размеры указанной зоны составляют соответственно 70 и 50м.

На таком же расстоянии от точки пересечения пласта с нормалью, проведенной через ось выработки,

распространяется влияние очистных работ по сближенным пластам, расположенным выше и ниже охраняемой выработки. При подработке выработок должны учитываться углы сдвижения пород.

28. Влияние очистных работ надрабатывающего пласта на капитальные выработки, закрепленные жесткой крепью, проявляется при расстояниях до них по нормали менее 100м /при проходке выработок по неустойчивым породам/ и менее 50м /при проходке выработок по устойчивым породам/.

В капитальных выработках, закрепленных податливой крепью, указанные расстояния соответственно равны менее 70 м и менее 30 м.

29. Влияние очистных работ подрабатывающего пласта на капитальные выработки, закрепленные жесткой крепью, проявляется при кратности подработки менее 250. В капитальных выработках, закрепленных податливой крепью, инструментальными наблюдениями установлено, что это расстояние зависит от глубины разработки и устойчивости вмещающих пород и в диапазоне глубин от 600 до 1200 м изменяется от 140 до 250. При этом допускаются деформации крепи и пород, не препятствующие нормальной эксплуатации выработок.

IУ. ВЫБОР НАИБОЛЕЕ БЛАГОПРИЯТНЫХ УСЛОВИЙ ПРОХОДКИ И ПОДДЕРЖАНИЯ, ТИПОВ И ОСНОВНЫХ РАСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЕПИ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК.

30. Выбор наиболее благоприятных условий сооружения капитальных выработок основывается на данных, предоставляемых геологическими разведочными организациями, о физико-механических свойствах пород, трещиноватости, обводненности пород, а также

данных о характере и элементах залегания пластов и пород /глубина вскрытия пластов и проходки выработок; состав, мощность и угол падения пластов и слоев пород, слагающих толщу, и др./.

§ I. Выбор благоприятных условий проходки и поддержания одиночных и взаимовлияющих капитальных выработок.

31. Капитальные выработки, в том числе и выработки околоствольных дворов, при их проходке по слоистым разной устойчивости породам следует располагать вкрест простирания пород или же под углом 40-70° к направлению плоскостей основных систем трещин /кливажа/.

32. Следует избегать расположения выработок околоствольных дворов в зонах и вблизи зон геологических нарушений /сбросов, сдвигов, надвигов и т.п./.

33. Определение допустимых расстояний между капитальными выработками, проходимыми в одной плоскости, следует производить по номограммам рис.7 "а" /выработки II группы, пункт 7/ и 7 "б" /выработки I и III групп, пункт 7/.

Примеры определения допустимого расстояния между параллельными капитальными выработками, проходимыми в одной горизонтальной плоскости, приведены в § 2 приложения № I.

34. Сопряжения выработок рекомендуется проходить в устойчивых породах /линия 2, рис.3 и табл.I/.

При проходке сопряжений в неустойчивых породах рекомендуется сопрягающиеся выработки на участках до I5-25 м от сопряжения проходить и крепить с небольшим разрывом во времени от проходки и крепления выработок основного направления до установки в последней постоянной крепи. Сопрягающиеся выработки

рекомендуется располагать под углом, близким к прямому /схемы 3,4,7, рис.2/, но не менее 45^0.

35. Выбор допустимого расстояния /С/ между выработками, проходимыми в одном направлении, но в разных горизонтальных плоскостях /схемы 9 и 10, рис.2/, рекомендуется производить по номограммам рис.7. При этом проходимые выработки П группы /положение 2 на схемах 9 и 10, рис.2/ по отношению к ранее пройденным выработкам /положение I на схемах 9 и 10, рис.2/ следует располагать со стороны падения слоев пород от нормали, проведенной через ось ранее пройденной выработки. В этом случае исключается влияние расслоения пород по плоскостям ослабления при возможном обрушении пород кровли в проходимой выработке.

Параллельные выработки I группы /п.7/, проходимые на разных горизонтах, можно располагать с любой стороны.

При проходке выработок на разных горизонтах в породах различной устойчивости допустимое расстояние между выработками выбирается по средневзвешенному пределу прочности на сжатие протяженных участков наименее устойчивых пород.

36. При проходке в различных горизонтальных плоскостях и в различных направлениях /схемы 11,12, рис.2/ необходимое взаимное удаление выработок по вертикали следует принимать равным 0,3 С при $\alpha_1 = 70\text{-}90^0$, /0,3-0,6/ С при $\alpha_1 = 30\text{-}70^0$ и 0,6 С при $\alpha_1 = 0\text{-}30^0$, где α_1 - угол между проекциями осей выработок на горизонтальную плоскость, С - допустимое расстояние между параллельными выработками, определяемое по номограммам рис.7.

Примеры определения допустимого расстояния между капитальными выработками, проходимыми в различных горизонтальных плоскостях в одном и разных нап-

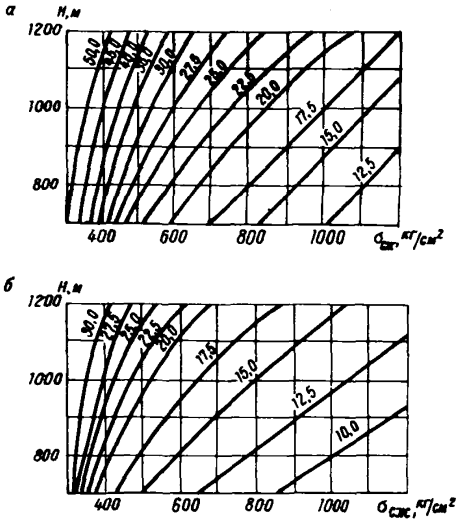


Рис. 7. Номограммы для определения допустимого расстояния между выработками, закрепленными жесткой крепью:

а - для выработок II группы;
б - для выработок I и III групп.

равлениях, приведены в § 3 приложения № 3.

37. Околоствольные выработки, кроме тех, в которых расположены опрокидыватели и загрузочные ямы при скиповых стволах, рекомендуется располагать от ствола и друг от друга в соответствии с § I разд.IУ настоящих "Указаний...", но не менее 25-30м при проходке в слабых породах и не менее 20м - в прочных породах. При проведении таких выработок по простиранию следует располагать их со стороны падения от ствола.

38. Временные выработки околоствольного двора, расположенные ближе, чем в 25м от действующих, после окончания строительства должны быть заложены породой на тощем цементном растворе. Околоствольные выработки вышележащих погашенных горизонтов должны закладываться породой в радиусе 25-30м от ствола.

§ 2. Выбор рационального типа крепи в конкретных геологических условиях.

39, При обосновании выбора типа крепи и интервала во времени до установки крепи в выработке при ее проходке следует учитывать склонность пород к развитию деформаций ползучести.

Склонность пород к развитию деформаций ползучести рекомендуется оценивать по разности /К/ коэффициентов бокового распора при длительном /A_∞/ и кратковременном /A_c / приложении нагрузки на испытываемый образец /9/.

В табл.3 приведены критерии для оценки склонных к ползучести пород /I группа/, склонных к затухающей /П группа/ и незатухающей ползучести /Ш группа/.

Таблица 3

A_c	$K=/A_\infty - A_c/ \cdot 100$		
	I группа	П группа	Ш группа
0,4-0,7	0-5,0	5,0-15,0	> 15,0
0,7-0,8	0-2,5	2,5- 7,5	> 7,5

В породах, не склонных к ползучести, могут устанавливаться крепи различных конструкций и видов /как жесткие, так и податливые/. В породах, склонных к затухающей и незатухающей ползучести, целесообразно применять крепи с ограниченной податливостью и с большой грузонесущей способностью.

В породах, не склонных к ползучести, установка крепи и введение ее в контакт с окружающими породами могут производиться с различным разрывом во времени, предпочтительнее с минимальным. В породах, склонных к затухающей ползучести, при установке жесткой бетонной крепи этот разрыв во времени должен быть достаточным для протекания деформаций пород, указанных в табл.2.

40. Для крепления капитальных выработок,сооружаемых в неустойчивых породах, склонных к обрушению и выдавливанию /рис.I, схема I/, могут применяться:

- замкнутые жесткие или ограниченной податливости крепи типа блочных, крупноблочных, панельных и тюбинговых крепей без и с податливыми прокладками (схема I, типы I, 2 и 3, рис. I) ;

- замкнутые железобетонные крепи с жесткой арматурой /схема I, тип 4, рис.I/;

- замкнутые податливые кольцевые и сводчатые с выполненным обратным сводом крепи из спецпрофиля с железобетонной затяжкой /схема I, типы 5 и 6, рис.I/. Эти крепи рекомендуются в основном для протяженных выработок, которые могут оказаться в зоне влияния очистных работ.

41. Для крепления капитальных выработок,сооружаемых в устойчивых породах /рис.I, схема IУ/, могут применяться:

- сводчатая бетонная и смешанная /стены кирпичные, свод бетонный/ крепь /схема IУ, тип I,рис.I/;

- смешанная крепь /бетонитовые или кирпичные стены и прямолинейные железобетонные или металлические верхняки/ с железобетонной затяжкой прямоугольного

сечения /схема IУ, тип 2, рис.I/;

- крепь из набрызг-бетона /схема IУ, тип 4, рис.I/;

- штанговая крепь с набрызг-бетоном/схема IУ, тип 5, рис.I/ или в комбинации с другими крепями;

- металлическая арочная крепь /схема IУ, тип 6, рис.I/ и другие крепи оградительного назначения.

42. При проходке выработок по породам разной устойчивости в выработках должны применяться криволинейные элементы крепи со стороны неустойчивых пород /схемы П, Ш, У и УI, рис.I/.

Так, при расположении выработок по схемам П и Ш рекомендуется крепить капитальные выработки замкнутыми блочными, крупноблочными, панельными, тюбинговыми и железобетонными крепями /типы I,2,3 и 4, рис.I/.

Основным условием нормальной работы блочной, панельной и податливой крепи из спецпрофиля является равномерная и тщательная забутовка закрепного пространства по всему контуру мелкокусковой породой, не склонной к набуханию. Забученное закрепное пространство блочной, панельной и тюбинговой крепи без податливых прокладок должно тампонироваться песчано-цементным раствором вслед за установкой крепи в выработках. При применении блочной, панельной или тюбинговой крепи с податливыми прокладками в неустойчивых породах и установкой такой крепи вслед за подвиганием забоя для создания нормальных условий работы прокладок тампонаж закрепного пространства песчано-цементным раствором рекомендуется производить за зоной интенсивных смещений /табл.2/. В этом случае тампонаж закрепного пространства может производиться и вслед за установкой крепи, но при этом должен применяться тощий песчано-цементный или песчано-глинистый раствор.

43. При наличии устойчивых пород в кровле и боках и неустойчивых пород в подошве выработки /схема Ш, рис.4/ выбор типа крепи определяется назначением выработки. В тех выработках, где по условиям эксплуатации допускается периодическая подрывка пород почвы, могут применяться незамкнутые облегченные виды крепи. В тех случаях, когда в период эксплуатации выработок подрывка пород почвы невозможна или экономически невыгодна из-за задержек транспорта, следует устанавливать замкнутые крепи.

44. При наличии в кровле и боках выработки неустойчивых пород, а в почве - устойчивых пород /схемы У и УI, рис.4/, должны применяться крепи с большей несущей способностью, но без обратного свода. При этом фундамент крепи следует закладывать в устойчивых породах почвы.

45. При проходке выработок в породах по схеме УI /рис.4/, когда в подошве выработки оставляется маломощный слой неустойчивой породы, необходимо производить выемку маломощного слоя неустойчивых пород, а выработки крепить незамкнутыми крепями с закладкой фундамента в устойчивых породах подошвы выработки.

46. Применение жесткой металлической двутавровой кольцевой или с пониженным обратным сводом крепи с железобетонной или деревянной затяжкой для крепления капитальных выработок не рекомендуется. Такая крепь создает большую реакцию отпора давлению пород только в том случае, когда нагрузка направлена перпендикулярно оси кольца, то есть в направлении оси полки двутавра. В случае небольшого перекоса рамы кольца при ее установке или во время работы, а также при косонаправленных нагрузках на крепь, несущая способность такого кольца резко падает.

47. При наличии в боках и подошве капитальных выработок устойчивых пород целесообразно применять арочные крепи из спецпрофиля, шарнирные арочные и незамкнутые блочные крепи с податливыми прокладками или без них. При наличии устойчивых пород только со стороны подошвы выработки фундамент незамкнутой блочной или тюбинговой крепи должен закладываться в устойчивых породах.

48. Замкнутые податливые крепи из спецпрофиля с железобетонной затяжкой могут применяться для крепления протяженных капитальных выработок в неустойчивых породах, а также в тех случаях, когда на выработки оказывается влияние очистных работ.

49. Выбор рекомендованных типов крепи/рис.I/ в породах разного литологического состава и свойств производится путем технико-экономического сравнения, исходя из условий безремонтного содержания капитальных выработок в течение всего срока их службы.

§ 3. Выбор основных расчетных параметров крепи капитальных выработок.

50. Выбор типа крепи капитальных выработок производится на основе данных о физико-механических свойствах пород, в которых располагаются выработки, и данных о величинах и характере распределения нагрузок на крепь выработок.

Оценка устойчивости пород в капитальных выработках производится по табл.I и графику рис.3.

5I. Крепь капитальных выработок должна создавать достаточный отпор давлению горных пород, в которых сооружаются выработки, обеспечивая рабочее состояние выработки в течение всего срока ее службы.

Ориентировочные расчетные нагрузки на жесткую и ограниченной податливости крепь капитальных

горных выработок, проходимых в породах разной устойчивсоти, приведены в табл.4.

Таблица 4

Направление нагрузки на крепь и сечение выработки	Величины расчетной нагрузки на крепь, т/м2		
	крепь без обратного свода	замкнутые криволинейные крепи	
	устойчивые породы	породы средней устойчивости	неустойчивые породы
Нагрузка по нормали к напластованию:			
а/ для выработок сечением 6-I2 м2	до 5-20	20-30	30-40
б/ для выработок сечением I2-I8 м2	доI0-30	30-40	40-60
Боковые нагрузки:			
а/ для выработок сечением 6-I2 м2	до 5-I0	I0-20	20-30
б/ для выработок сечением I2-I8 м2	доI0-20	20-30	30-50

52. В том случае, когда не соблюдаются требования к выбору условий проходки и поддержания капитальных выработок, изложенные в настоящих "Указаниях..", то есть когда в выработках создаются неблагоприятные условия их поддержания /на участках сопряжений и вблизи на расстояниях до 25м; в выработках сечением более I8 м2; при взаимном влиянии смежных капиталь-

ных выработок и т.п./ нагрузки на крепь значительно превышают рекомендуемые в табл.4. При этом на жесткую крепь нагрузки могут достигать величин, указанных в табл.5.

Таблица 5

Направление нагрузки на крепь и сечение выработки	Нагрузки на замкнутые криволинейные крепи, т/м2	
	породы средней устойчивости	неустойчивые породы
Нагрузки по нормали к напластованию:		
а/ для выработок сечением 6-12м2	60-80	80-120
б/ для выработок сечением 12-18м2	80-120	120-150
Боковые нагрузки:		
а/ для выработок сечением 6-12 м2	50-60	60-100
б/ для выработок сечением 12-18 м2	60-100	100-130

53. Ориентировочные расчетные параметры податливой крепи, устанавливаемой без отставания от забоя проходимой выработки, по данным ДонУГИ /2/, приведены в табл.6.

54. На данной стадии разработки методик крепи капитальных выработок рекомендуется:

а/ расчет параметров грузонесущей способности податливой крепи выработок производить предложенным [illegible] методом начальных параметров с применением ЭВМ /приложение 2/;

б/ расчет грузонесущей способности блочной [illegible] с учётом ее устойчивости производить по методике [illegible] и ДонУГИ (5);

в/ расчет параметров податливой крепи выработок производить по методике ДонУГИ /2/.

Таблица 6

Глубина проходки выработки м	Параметры крепи при прочности пород, кг/см2								
	400			600			800		
	несущая способность, т/м2	смещения, см		несущая способность, т/м2	смещения, см		несущая способность, т/м2	смещения, см	
		кровли	боков		кровли	боков		кровли	боков
	Однопутевые выработки /размеры в проходке: ширина 3,7м, высота 3,0 м/								
600	7,5	15,0	6,5	5,3	3,5	3,6	4,6	6,9	2,3
800	9,3	21,0	9,0	6,0	12,6	5,2	5,3	8,2	3,2
1000	11,3	28,0	12,0	8,0	16,0	6,5	6,2	11,1	4,2
	Двухпутевые выработки /размеры в проходке: ширина 5,0м, высота 3,5м/								
600	10,1	19,5	6,9	7,3	11,0	3,7	6,0	7,0	2,0
800	12,7	27,5	9,8	9,0	15,5	5,2	7,3	10,0	2,9
1000	15,5	37,0	10,9	10,9	20,0	6,6	8,6	13,5	3,9

Преимущество расчетного метода, предложенного ВНИМИ перед другими методами /10-12/, заключается в том, что указанным методом может быть рассчитана монолитная крепь любого очертания замкнутой и незамкнутой формы с постоянным и переменным сечением. При этом для расчета крепи необходимо иметь минимальное количество доступных в определении исходных данных:

- активную внешнюю нагрузку по контуру выработки;
- модуль упругости и коэффициент Пуассона пород, в которых пройдена выработка;
- модуль упругости материала и геометрические размеры сечения крепи.

Кроме того, без дополнительного вычисления предложенным методом определяются расчетные величины перемещений контура конструкции, что при сравнении со смещениями контура крепи в натуре позволяет оценить правильность расчетного метода. Рекомендованный метод представлен в матричной форме, что значительно упрощает составление программы.

Активные внешние нагрузки на крепь определяются на основе результатов экспериментально-производственных /натурных/ исследований. Для расчета жестких и ограниченно-податливых крепей внешние нагрузки принимаются по табл.4.

При проходке выработки по породам разной устойчивости неравномерность нагружения по контуру крепи учитывается выбором нагрузки, соответствующей устойчивости пород, примыкающих к расчетному элементу крепи.

Методика расчета и примеры расчета крепи по формуле метода начальных параметров приведены в приложении № 2.

У. ОХРАНА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ОТ ВРЕДНОГО ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ. x/

55. Выработки околоствольных дворов следует располагать вне зоны влияния очистных работ в устойчивых породах /табл.I и линия 2, рис.3/.

В случае невозможности заложения выработок околоствольных дворов в устойчивых породах рекомендуется располагать их вкрест простирания пород; при этом сопряжения выработок со стволами располагать в наиболее устойчивых породах.

56. Для предотвращения вредного влияния очистных работ выработки околоствольных дворов и главные квершлаги должны охраняться угольными целиками, размеры которых определяются по величине зоны вредного проявления опорного давления на крепь капитальных выработок /линия 2, рис.8/.

Размеры угольных целиков для охраны указанных выше капитальных выработок определяются по табл.7.

Таблица 7

№№ пп	Место заложения околоствольных выработок	Размер целиков, м	
		по простиранию	по падению и восстанию
I	2	3	4
I	В плоскости пласта:		
	а/ в породах неустойчивых и средней устойчивости	100-70м от охраняемой выработки	100-70м в плоскости пласта от охраняемой выработки.

x/ Указания по охране горизонтальных капитальных выработок составлены с учетом рекомендаций, изложенных во "Временных положениях" /1/.

I	2	3	4
	б/ в устойчивых породах	70-75м от охраняемой выработки	70-75м в плоскости пласта от охраняемой выработки
2	Ниже разрабатываемого пласта /надработка/:		
	а/ в породах неустойчивых и средней устойчивости на расстоянии по нормали от разрабатываемого пласта менее 100м.	100-70м в плоскости пласта от точки пересечения пласта линией, проведенной через охраняемую выработку под углом ω_1	100-70м в плоскости пласта от точки пересечения пласта линией, проведенной через охраняемую выработку под углом ω_2
	б/ в устойчивых породах на расстоянии по нормали от разрабатываемого пласта менее 60м.	70-50м в плоскости пласта от точки пересечения пласта линией, проведенной через охраняемую выработку под углом ω_1	70-50м в плоскости пласта от точки пересечения пласта линией, проведенной через охраняемую выработку под углом ω_2
3	Выше разрабатываемого пласта /подработка/:		
	а/ в породах неустойчивых и средней устойчивости на расстоянии по нормали от пласта менее 250 мощностей пласта	100-70м от вертикальной линии проведенной через охраняемую выработку, но не менее $\frac{0,3h}{\cos\alpha}$	100-70 м в плоскости пласта от точки пересечения пласта нормалью, проведенной через охраняемую выработку, но не менее $h \cdot ctg(75^\circ-\alpha)$
	б/ в устойчивых породах на расстоянии по нормали от пласта менее 250 мощностей пласта	70-50м от точки пересечения пласта нормалью, проведенной через охраняемую выработку, но не менее $\frac{0,3h}{\cos\alpha}$	70-50м от точки пересечения пласта с нормалью, проведенной через охраняемую выработку, но не менее $h \cdot ctg(75^\circ-\alpha)$

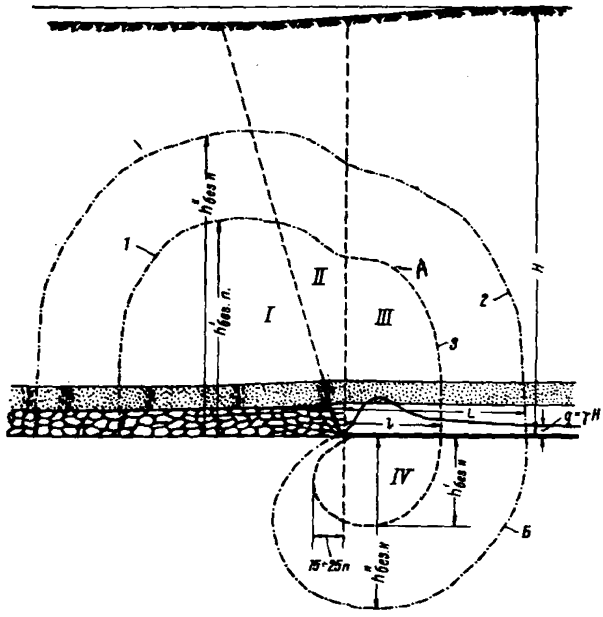


Рис. 8. Границы зон вредного влияния горного давления на крепь подготовительных (А) и капитальных (Б) выработок.

I - зона активного сдвижения пород - зона вредного влияния на подготовительные выработки,
II - зона вредного влияния на подготовительные выработки,
III - зона вредного влияния опорного давления на подготовительные выработки,
IУ- зона вредного влияния опорного давления на подготовительные выработки.
1- Граница активного сдвижения пород,
2 - граница зоны опорного давления,
3 - граница зоны вредного влияния опорного давления.

Условные обозначения к табл.7.

h - расстояние по нормали от охраняемой выработки до пласта, м;

α - угол падения пласта, град;

ω_1 - угол, откладываемый от горизонтальной линии, направленной в сторону лавы, и равный 110^0;

ω_2 - угол, откладываемый от горизонтальной линии, направленной в сторону падения пласта, и равный $/110^0 - \alpha /$ у нижней границы околоствольного целика и $/70^0 - \alpha /$ у верхней границы околоствольного целика.

Верхние значения по табл.7 брать при применении в выработках жестких крепей, нижние - при применении податливой крепи.

57. Целики для охраны капитальных выработок, закрепленных жесткой крепью, не оставляются:

- при расположении выработок ниже разрабатываемого пласта по нормали более 100м в случае проходки выработок по неустойчивым породам и более 50м при проходке по устойчивым вмещающим породам;

- при расположении выработок выше разрабатываемого пласта на расстоянии по нормали более 250 мощностей пласта.

58. Целики для охраны капитальных выработок, закрепленных податливой крепью, не оставляются:

- при расположении выработок ниже разрабатываемого пласта по нормали более 70м в случае проходки выработок по неустойчивым породам и более 30м при проходке их по устойчивым породам;

- при расположении выработок выше разрабатываемого пласта на расстояниях, равных:

170-200 мощностей пласта на глубинах поддержания выработок 600-800м;

200-230 мощностей пласта на глубинах поддержания 800-1000м;

230-250 мощностей пласта на глубинах поддержания 1000-1200м.

Схемы построения целиков по данным табл.7 приведены на рис.9 в § 4 приложения № I. Там же даны примеры построения целиков для охраны капитальных выработок.

59. Для уточнения и дополнения рекомендаций, изложенных в "Указаниях...", научно-исследовательские работы ВНИМИ в последующие годы будут направлены на изучение влияния основных геологических и горнотехнических факторов, определяющих проявления горного давления в выработках, уточнение расчетных параметров и методики расчета крепи капитальных выработок глубоких шахт Донбасса.

При этом особое внимание будет уделяться следующим вопросам:

I/ Изысканию более надежного представительного критерия для оценки устойчивости пород в выработках, пройденных по простиранию и вкрест простирания пород;

2/ Выяснению влияния глубины проходки выработок и угла падения пластов и пород на устойчивость пород в выработках и проявление горного давления в капитальных выработках;

3/ выяснению влияния глубины проходки, размеров и глубины формы сечения и вида применяемой крепи в капитальных выработках на изменение:

а/ величин и характера распределения нагрузок на крепь во времени и пространстве;

б/ величин и скоростей деформаций пород в зоне влияния проходимой выработки;

в/ оптимального расстояния между смежными параллельными выработками;

г/ размеров целиков для охраны капитальных выработок от вредного влияния очистных работ.

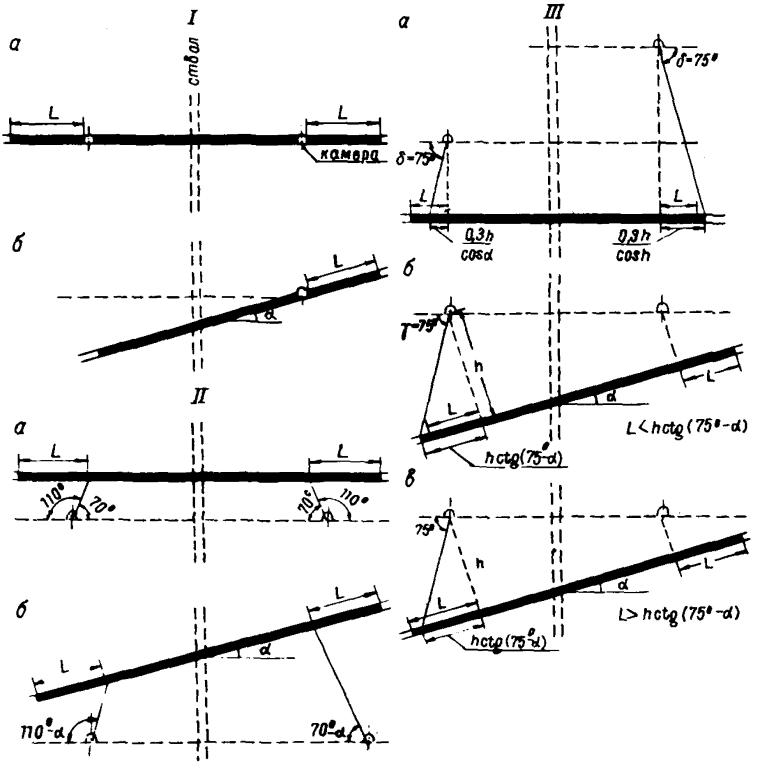


Рис. 9. Схемы построения целиков для охраны капитальных выработок.

I. Выработки в плоскости пласта;
а - размер целиков по простиранию,
б - размер целиков вкрест простирания.

II. Надрабатываемые выработки;
а - размер целиков по простиранию,
б - размер целиков вкрест простирания.

III. Подрабатываемые выработки;
а - размер целиков по простиранию,
б,в - размер целиков вкрест простирания.

4. Установлению количественных показателей, характеризующих влияние трещиноватости на устойчивость пород в выработках.

5. Уточнению принятых классификаций крепей и схем расположения выработок в породах разного литологического состава и свойств.

Путем изучения геологических условий проходки и поддержания выработок в других бассейнах страны будет выясняться возможность использования "Указаний..." при проектировании и сооружении капитальных выработок глубоких шахт основных бассейнов страны.

§ I. Примеры проверки устойчивости обнажения породного слоя в протяженной капитальной выработке.

Пример № I. Выработка должна проходиться на глубине 1000м в слое алевролита, имеющего средний предел прочности $\sigma_{сж}$ =800 кг/см2.

Оценить устойчивость данного породного слоя.

Из графика /рис.3/ следует, что точка, характеризующая состояние слоя при H=1000м и $\sigma_{сж}$ =800 кг/см2, находится в области 2, то есть в области устойчивого состояния пород.

Пример № 2. Определить для породного слоя / $\sigma_{сж}$ = 800 кг/см2/ величину предельной глубины, при которой произойдет потеря устойчивости слоя.

На графике /рис.3/ из точки с заданным значением $\sigma_{сж}$ восстанавливается перпендикуляр до линий I и 2, характеризующих границы разделения областей состояния породного слоя. Горизонтальная линия, проведенная через точку пересечения перпендикуляра с линией I, отсечет на оси ординат искомую глубину 1200м, при которой во всех случаях эти породы теряют устойчивость в выработках. Горизонтальная линия, проведенная через точку пересечения перпендикуляра с линией 2, отсечёт на оси ординат искомую глубину 800 м, при которой во всех случаях обеспечивается устойчивое состояние пород. На глубинах 800-1200 м устойчивость пород определяется горно-технической обстановкой.

Пример № 3. Определить для глубины 800м минимальную величину предела прочности пород, при которой породный слой является устойчивым.

На графике /рис.3/ из точки с заданным значением H, проводится линия, параллельная оси абцисс, до пересечения с линиями I и 2, характеризующими границы

раздела областей состояния породного слоя. Из точки пересечения с линиями I и 2 опускаются перпендикуляры, которые отсекут на оси абсцисс точку с пределом прочности пород на сжатие до 600 кг/см2, характеризующуюся во всех случаях на данной глубине неустойчивым состоянием, и точку с пределом прочности пород на сжатие более 800 кг/см, характеризующуюся устойчивым состоянием в выработках. Устойчивость пород в выработках с пределом прочности на сжатие 600-800 кг/см2 определяется горно-технической обстановкой.

§ 2. Примеры определения допустимого расстояния между параллельными капитальными выработками, проходимыми в одной горизонтальной плоскости.

Пример № I. Капитальные выработки П-ой группы /п.7/ проходятся на глубине 900м в породах с пределом прочности на сжатие, равным 800 кг/см2. Определить допустимое расстояние между капитальными выработками.

Для этой цели используется номограмма, представленная на рис.7 "а". Восстанавливаем из точки, лежащей на оси абсцисс и характеризующей величину $\sigma_{сж}$ = 800 кг/см2, перпендикуляр до пересечения с линией, проведенной параллельно оси абсцисс и отсекающей диапазон искомых значений. В данном случае допустимое расстояние 20м < С < 17,5м. Принимаем I9м.

Пример № 2. Капитальные выработки П-ой группы /п.7/ проходятся на глубине 900м в мощном слое мелкозернистого песчаника вблизи контакта со слабыми породами /глинистые сланцы/ по схеме Ш /рис.4/. Средние пределы прочности на сжатие: песчаников - 1235 кг/см2, глинистых сланцев - 600 кг/см2.

Определить допустимое расстояние между выработками. Устойчивость пород в выработке оценивается

по пределу прочности наиболее неустойчивых пород - глинистых сланцев, расположенных в подошве выработки.

Предел прочности глинистых сланцев у контакта с прочными песчинками $\sigma_{сж} = \sigma_{сж}^{ср} /1+ \upsilon_1 / \approx 600 \cdot /1+0,35/=810$ кг/см2.

По номограмме рис.7 "а" определяем допустимое расстояние между выработками - 18м.

Пример № 3. Капитальные выработки I и III групп пересекают толщу, сложенную породами различного состава и различной мощности, на глубине 900м. Породы толщи характеризуются геологическим разрезом. Пределы прочности слоев пород на сжатие, в которых сооружается выработка, известны. Определить допустимое расстояние между выработками.

В данном случае выбор рационального расстояния между выработками должен производиться по средневзвешенному значению $\sigma_{ср}$, характерному для относительно неустойчивых пород. Так, например, при глубине проходки выработок H = 900м к категории неустойчивых пород следует отнести все породы с пределом прочности на сжатие менее 650 кг/см2 /рис.3, линия I/.

Средневзвешенная величина прочности пород определяется по формуле:

$$\sigma_{ср} = \frac{l_1 \sigma_{сж_1} + l_2 \sigma_{сж_2} + \ldots + l_n \sigma_{сж_n}}{l_1 + l_2 + \ldots + l_n},$$

где - $\sigma_{сж_{1,2 \ldots n}}$ - средняя прочность слоя породы, т/м2;

$l_{1,2 \ldots n}$ - длина участка выработки, пересекающего данный слой относительной неустойчивой породы, м.

Пусть в рассматриваемом случае суммарная длина выработок, пересекающих относительно неустойчивые породы, равна 100м.

/ l_1 = 10м, $\sigma_{сж_1}$ =2500 т/м2, l_2 =40, $\sigma_{сж_2}$ =3500 т/м2,

l_3 = 30м, $\sigma_{сж_3}$ =4000 т/м2, l_4 =20м, $\sigma_{сж_4}$ =5000 т/м2/.

$$\sigma_{ср} = \frac{10 \cdot 2500 + 40 \cdot 3500 + 30 \cdot 4000 + 20 \cdot 5000}{100} = 3850 \text{т/м2}$$

или 385 кг/см2

По номограмме /рис.7 "б"/ устанавливаем, что допустимое расстояние между выработками в этом случае должно быть не менее 25м. Для участков, представленных более устойчивыми породами, указанное расстояние между выработками, следовательно, принято с запасом. Это может служить основанием для установки на этих участках облегченной крепи.

Примечание к примеру 3.

В зависимости от направления выработки и угла падения пород длина участков, пересекающих слои неустойчивых по данной глубине пород, существенно изменяется. Рекомендуется длину участка определять по формулам:

$l_n = \frac{m}{\sin \alpha}$ /для выработок I-ой группы, пройденных вкрест простирания пород/;

$l_n = \frac{m}{\sin \alpha \cdot \cos \beta}$ /для выработок I и III групп, направление оси которых отличается от азимута падения пород на угол β /,

где m - мощность породного слоя, м;

α - угол падения пород, град.

§ 3. Примеры определения допустимого расстояния между капитальными выработками, проходимыми в различных горизонтальных плоскостях в одном и разных направлениях

Пример № I. Необходимо пройти выработку в слое алевролита / $\sigma_{сж}$ =800 кг/см2/ на глубине 900м. Выработка проходится над основной выработкой в плане под углом α_1=40°. Установить допустимое расстояние в плане и по вертикали между пройденной ранее основной капитальной выработкой и подлежащей проходке.

Прежде всего устанавливается направление выработок по отношению к простиранию пород, так как необходимо решить по какой из номограмм /рис.7/ должен вестись выбор величины "С". Из плана горных работ определяем, что выработки относятся ко II группе.

Используемся поэтому номограммой, приведенной на рис.7 "а". Определяем, что С = 19м. Расстояние/h/ между выработками по высоте определяется из условия $h = /0,6 - 0,3/ C$ при $\alpha = 30\text{-}70^{\circ}$ /п.36/.

При $\alpha_1 = 40^{\circ}$ принимаем $h = 0,5\ C = 10$м.

Пример № 2. Основная капитальная выработка III группы проходится на глубине 1000м. Выше вдоль нее предполагается провести ходок по чередующимся слоям пород различной мощности и прочности. Определить допустимое расстояние между выработками по вертикали.

Для определения "С" необходимо оценить средневзвешенное значение прочности пород на рассматриваемом участке. Решение производится по аналогии с приведенным в примере 3 /§ 2 приложения № I/:

а/ устанавливается критерий, по которому породы относятся на данной глубине к категории неустойчивых;

б/ оцениваются длины участков относительно неустойчивых пород в пределах рассматриваемого участка взаимного влияния выработок;

в/ определяется средневзвешенное значение предела прочности пород на сжатие;

г/ по номограмме рис.7 "б" определяется величина "С".

Допустимое расстояние по вертикали между выработками определяется из условия $h=0,6\ C$ при $\alpha = 0^{\circ}$.

§ 4. Примеры построения целиков для охраны капитальных выработок от вредного влияочистных работ.

Пример № У. На глубине 900м вблизи границы околоствольного целика в направлении простирания от ствола пройдена камера взрывчатых материалов. Мощность пласта 1,5м, залегание пологое - угол падения 5°. Породы непосредственной кровли пласта мощностью 3м предоставлены песчанистыми сланцами, $\sigma_{сж}$ = 800 кг/см2, основная кровля - песчаниками мощностью 20м, $\sigma_{сж}$ = 1200 кг/см2, в почве - глинистые сланцы, $\sigma_{сж}$ = 600 кг/см2. Камера пройдена по пласту с подрывкой кровли и почвы /рис.9, I "а"/ и закреплена блочной крепью с выположенным обратным сводом.

Определить расстояние L , на котором должны быть остановлены очистные работы по пласту.

Оценка устойчивости пород в камере производится по наиболее неустойчивым породам почвы пласта, $\sigma_{сж}$ = 600 кг/см2. По графику рис.3 породы почвы пласта на глубине проходки относятся к неустойчивым породам в выработках.

Согласно табл.7 при проходке выработок в неустойчивых породах размер целиков по простиранию рекомендуется принимать равным 100м.

Пример № 2. В тех же условиях в пределах околоствольного целика пройдены вкрест простирания пород грузовые ветви стволов и у границ околоствольного целика - основной штрек по пласту /рис.9, I "б"/. Грузовые ветви стволов закреплены сводчатой железобетонной крепью с пониженным обратным сводом. Такой же крепью на расстоянии по 25м в обе стороны от сопряжений с грузовыми ветвями закреплен и основной откаточ-

ный штрек. На большем расстоянии от сопряжений основной откаточный штрек в пределах околоствольного двора закреплен кольцевой податливой крепью.

Определить размер целика L со стороны восстания от откаточного штрека.

Из примера I § 4 видно, что наиболее слабыми породами, по которым пройдены выработки, являются неустойчивые породы почвы пласта / $\sigma_{сж}$ = 600 кг/см2/.

Согласно табл.7 при проходке выработок в плоскости пласта по неустойчивым породам, размер целиков со стороны восстания от откаточного штрека рекомендуется принимать равным 70-100м.

Учитывая тип крепи выработок, размер целиков со стороны восстания от основного откаточного штрека принимаем:

а/ на участках, где вблизи сопряжения штрек закреплен замкнутой железобетонной крепью, не менее 100м;

б/ на участках, где штрек закреплен кольцевой податливой крепью, не менее 70м.

Пример № 3. Основные выработки околоствольного двора пройдены вкрест простирания на глубине 1000м. Породы, по которым пройдены выработки, представлены чередованием глинистых / $\sigma_{сж}$ =500 кг/см2/, песчанистых / $\sigma_{сж}$ =900 кг/см2/ сланцев и песчаников / $\sigma_{сж}$ = 1200 кг/см2/.

Выше околоствольного двора на 20-30м залегает пласт, мощностью I,0м. Основная кровля пласта предотавлена мощной толщей /30м/ песчаника/$\sigma_{сж}$ =1300 кг/см2/. Ниже околоствольного двора по нормали на 80м залегает пласт мощностью I,5м. Породы, слагающие толщу до подрабатывающего пласта, представлены переслаивающимися песчаниками, глинистыми и песчанистыми сланцами небольшой мощности. Угол падения пластов 20°.

У границы околоствольного целика по простиранию пройдена камера электровозного гаража по песчаникам / $\sigma_{сж}$ = 1200 кг/см2/, а у границ околоствольного целика со стороны восстания пройдена камера взрывчатых материалов по глинистым / $\sigma_{сж}$ =500 кг/см2 и песчанистым / $\sigma_{сж}$ = 900 кг/см2/ сланцам.

Камера электровозного гаража закреплена сводчатой бетонной крепью, а камера взрывчатых материалов закреплена кольцевой блочной крепью с податливыми прокладками.

Определить минимальные размеры целиков, предохраняющих выработки от вредного влияния очистных работ по надрабатывающему и подрабатывающему пластам.

I. Оцениваем устойчивость пород в выработках по табл.I и графику рис.3:

а/ камера электровозного гаража пройдена по песчаникам / $\sigma_{сж}$ = 1200 кг/см2/. На глубине проходки выработки 1000м эти породы устойчивы в обнажениях;

б/ камера взрывчатых материалов пройдена по глинистым / $\sigma_{сж}$ = 500 кг/см2/ и песчанистым / $\sigma_{сж}$ =900 кг/см2/ сланцам. Наиболее слабые породы - глинистые сланцы, в которых частично пройдена камера, на рассматриваемой глубине относятся к категории неустойчивых.

2. Определяем размеры целиков для охраны выработок от вредного влияния очистных работ по надрабатывающему и подрабатывающему пластам:

А. Камера электровозного гаража.

Камера пройдена у границы околоствольного целика по простиранию ниже надрабатывающего пласта /по нормали/ на 20м /рис.9, II "а"/ и выше подрабатывающего пласта на 80м /рис.9, III "а"/ в устойчивых песчаниках.

I. Расстояние по нормали от камеры до надрабатывающего пласта менее 50м и до подрабатывающего пласта менее 250 m /где m =1,5м/, следовательно, в указанных условиях надработки и подработки необходимо оставлять целики для охраны выработок.

2. Камера пройдена в устойчивых породах. В этих условиях размер целиков по простиранию/табл.7/ в надрабатывающем пласте рекомендуется принимать 70-50м. Учитывая большую мощность пород основной кровли надрабатывающего пласта, представленных прочными песчаниками / $\sigma_{сж}$ = 1300 кг/см2/, которые при зависании над выработанным пространством будут создавать большое горное давление в опорной зоне, и жесткую крепь выработки принимаем размер целиков 70м.

Способ построения целика. Проводим линию под углом ω_1 = 110° через ось охраняемой выработки. Угол ω_1 откладывается от горизонтальной линии, направленной от оси выработки в сторону надрабатывающей лавы /рис.9, П "а"/. От точки пересечения надрабатывающего пласта с проведенной линией в плоскости пласта откладываем целик принятого размера - 70м.

В подрабатывающем пласте рекомендуется принимать целики размером 70-50м. Учитывая жесткую крепь выработки и то, что породы до подрабатывающего пласта представлены чередующими маломощными слоями песчаников, песчанистых и глинистых сланцев, принимаем размер целика - 70м.

По табл.7, принятый размер целика L = 70м проверяется по условию охраны выработки от сдвижения пород подработанной толщи. Это условие определяется соотношением: $L \geqslant \frac{0,3h}{\cos\alpha}$, где

h = 80м; α = 20°; cos 20° = 0,940.

$$L \geqslant \frac{0{,}3 \cdot 80}{\cos \cdot 20^{\circ}} = \frac{24}{0{,}94} = 25{,}5м$$

Следовательно, при целике, равном 70м, выработка охраняется и от сдвижения подработанных пород.

Способ построения целика. Проводим вертикальную линию через ось охраняемой выработки до пересечения с подрабатывающим пластом. От точки пересечения с пластом по простиранию в сторону лавы откладываем принятый размер целика - 70м.

Б. Камера взрывчатых материалов.

Камера пройдена из квершлага у границы околоствольного целика со стороны восстания слоев пород. Расстояние по нормали до надрабатывающего пласта 30м, до подрабатывающего пласта - 70м.

I. Расстояние по нормали от камеры до надрабатывающего пласта менее 100м, а до подрабатывающего пласта менее 250 m /где m = 1,5м/, следовательно в указанных условиях подработки и надработки необходимо оставлять целики для охраны выработок.

2. Камера пройдена по неустойчивым породам вблизи границы околоствольного целика со стороны восстания. В этих условиях размер целиков со стороны восстания /табл.7/, учитывая мощность прочных пород основной кровли вырабатывающего пласта, неустойчивые породы, по которым пройдена камера, и наличие податливых элементов в применяемой замкнутой крепи камеры, принимаем равным 70м.

Способ построения целика. В соответствии с табл.7 проводим линию под углом $\omega_2 = /70^{\circ} - \alpha /$ через ось охраняемой выработки. Угол ω_2 у верхней границы целика откладывается от горизонтальной линии,

направленной в сторону околоствольного целика /рис. 9 П "б"/. От точки пересечения проведенной линии с надрабатывающим пластом в плоскости пласта откладываем размер целика L = 70м;

В подрабатывающем пласте, учитывая, что породы до подрабатывающего пласта представлены переслаивающимися маломощными слоями, а выработка пройдена в неустойчивых породах и закреплена замкнутой ограниченно податливой крепью с большой несущей способностью, принимаем размер целика - 70м.

Способ построения целика. Камера пройдена со стороны восстания слоев пород околоствольного целика. В этом случае через ось охраняемой выработки проводим линию нормально к напластованию до пересечения с подрабатывающим пластом. От точки пересечения по восстанию в плоскости плата откладываем принятый размер целика L = 70м /рис.9, II "б" или "в"/.

Пример № 4. В тех же геологических условиях пройдена камера противопожарного оборудования у нижней границы околоствольного целика /со стороны падения/.

Камера пройдена по устойчивым породам / $\sigma_{сж}$ = 1200 кг/см2/ и закреплена штанговой крепью с покрытием стенок слоем торкретбетона толщиной 10см.

Определить размер целика для охраны камеры от вредного влияния очистных работ по подрабатываемому пласту.

При проходке выработки по устойчивым породам и учитывая принятый тип крепи выработки размер целиков со стороны падения по подрабатываемому пласту рекомендуется принимать равным 70м.

Принятый размер целика L = 70 м проверяется по условию охраны выработки от сдвижения пород под-

работанной толщи /табл.7/. Это условие определяется соотношением:

$$L \geqslant h \cdot ctg(75^{\circ} - \alpha),$$

где: $h = 70м$; $\alpha = 20^{\circ}$; $ctg\ /75^{\circ} - \alpha\ / = 0,700$.

$$L \geqslant 70 \cdot ctg\ /75^{\circ} - 20^{\circ}\ / = 49м.$$

Таким образом, при принятом размере целика 70м выработка охраняется и от сдвижения пород подработанной толщи.

В тех случаях, когда $L < h \cdot ctg\ /75^{\circ} - \alpha\ /$, то целик принимается большего размера /рис.9, III "б"/, то есть равный $h \cdot ctg\ /75^{\circ} - \alpha\ /$.

Способ построения целика. Через ось охраняемой выработки проводим нормаль к напластованию до пересечения с подрабатывающим пластом. От точки пересечения в плоскости пласта по падению откладываем принятый размер целика $L = 70м$ /рис.9, III "в"/.

Приложение № 2

М Е Т О Д И К А

СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КРЕПИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК МОНОЛИТНОЙ И ЖЕСТКОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ.

В В Е Д Е Н И Е

Статические расчеты подземных конструкций являются относительно трудоемкими и сложными.

В последнее время в связи с широким применением ЭВМ в практике проектирования появилась возможность повысить качество и точность выполняемых расчетов при значительном снижении трудоемкости.

Существующие в настоящее время программы предусматривают расчеты конкретных крепей либо кругового, либо подковообразного очертания.

Настоящая методика посвящена расчету монолитных крепей произвольного очертания как замкнутых, так и незамкнутых, с переменным или постоянным сечением на симметричную относительно вертикальной оси нагрузку.

Методика расчета крепи составлена на базе алгоритма, разработанного к.т.н. Б.З.Амусиным, и натурных исследований, выполненных лабораторией горного давления в капитальных и подготовительных выработках.

1. В методике расчета используется матричная формула метода начальных параметров для расчета криволинейного стержня на упругом основании.

Эта формула имеет следующий вид:

$$\mathcal{P}_{n,m} = \prod_{i=n+1}^{1} r_{i,m}\, \mathcal{P}_{0,m} + \sum_{j=0}^{n-1} \left\| \prod_{i=n}^{j+1} r_{i,m}\, \bar{\mathcal{P}}_{j,m} + \bar{\mathcal{P}}_{n,m} \right\|,$$

где n - номер узла;

m - номер системы координат;

$\varphi_{n,m}$ - матрица-столбец кинематических и статических факторов в узле n ;

$$\varphi_{n,m} = \begin{Vmatrix} U_{n,m} \\ V_{n,m} \\ \varphi_{n,m} \\ T_{n,m} \\ P_{n,m} \\ M_{n,m} \end{Vmatrix}$$

$U_{n,m}$, $V_{n,m}$ $\varphi_{n,m}$ и угол поворота - проекции перемещений на оси ОХ и ОУ в узле n ;

$T_{n,m}$, $P_{n,m}$, $M_{n,m}$ - проекции внутренних сил соответственно на оси ОХ и ОУ и изгибающий момент в узле n ;

$\bar{\varphi}_{j,m}$ и $\bar{\varphi}_{n,m}$ - матрицы-столбцы внешних нагрузок соответственно в узлах j и n ;

$\bar{T}_{j,m}$, $\bar{T}_{n,m}$ - прсекции узловых активных нагрузок на ось ОХ;

$\bar{P}_{j,m}$, $\bar{P}_{n,m}$ - проекции узловых активных нагрузок на ось ОУ;

$\varphi_{0,m}$ - матрица-столбец начальных параметров;

$$\varphi_{0,m} \quad \begin{Vmatrix} U_{0,m} \\ V_{0,m} \\ \varphi_{0,m} \\ T_{0,m} \\ P_{0,m} \\ M_{0,m} \end{Vmatrix}$$

$r_{n,m}$, $r_{i,m}$ – матрицы коэффициентов влияния соответственно в узлах n и m i /см.матрицу $r_{n,m}$ /;

$$x_{n,m} = l_{n,m} \cdot \cos \alpha_{n,m}; \quad y_{n,m} = l_{n,m} \cdot \sin \alpha_{n,m}$$

$l_{n,m}$ – длина звена ломаной вписанной линии.

$$i_{n,m} = \frac{l_{n,m}}{6 E_{n,m} \cdot J_{n,m}}; \quad j_{n,m} = \frac{1}{l_{n,m} \cdot E_{n,m} \cdot F_{n,m}},$$

где: $E_{n,m}$ – модуль упругости крепи;
$J_{n,m}$ – момент инерции сечения;
$F_{n,m}$ – площадь поперечного сечения;

$$\nu_{n,m} = i_{n,m} \cdot y^2_{n,m} - j_{n,m} \cdot x^2_{n,m}$$
$$\theta_{n,m} = (i_{n,m} + j_{n,m}) x_{n,m} \cdot y_{n,m}$$
$$\phi_{n,m} = i_{n,m} \cdot x^2_{n,m} - j_{n,m} \cdot y^2_{n,m}$$
$$\omega_{n,m} = 3 i_{n,m} \cdot x_{n,m}$$
$$\mu_{n,m} = \bar{k}_{n,m} \cdot \sin^2 \gamma_{n,m}$$
$$\Delta_{n,m} = \bar{k}_{n,m} \cdot \cos^2 \gamma_{n,m}$$
$$\Phi_{n,m} = 3 i_{n,m} \cdot y_{n,m}$$
$$\lambda_{n,m} = \bar{k}_{n,m} \cdot \sin \gamma_{n,m} \cos \gamma$$

2. Настоящая методика разработана для расчета крепей на симметричные относительно вертикальной оси нагрузки, поэтому рассчитывается половина конструкции.

Матрица $r_{n,m}$

	$U_{0,m}$	$V_{0,m}$	$\varphi_{0,m}$	$T_{0,m}$	$\rho_{0,m}$	$M_{0,m}$
$U_{n,m}$	$1-\mu_{n-1,m}\cdot\nu_{n,m}-\lambda_{n-1,m}\theta_{n,m}$	$\lambda_{n-1,m}\cdot\nu_{n,m}+\Delta_{n-1,m}\cdot\theta_{n,m}$	$-\gamma_{n,m}$	$\nu_{n,m}$	$-\theta_{n,m}$	$-\phi_{n,m}$
$V_{n,m}$	$\mu_{n-1,m}\cdot\theta_{n,m}+\lambda_{n-1,m}\cdot\psi_{n,m}$	$1-\lambda_{n-1,m}\theta_{n,m}-\Delta_{n-1,m}\psi_{n,m}$	$x_{n,m}$	$-\theta_{n,m}$	$\psi_{n,m}$	$\omega_{n,m}$
$\varphi_{n,m}$	$\mu_{n-1,m}\Phi_{n,m}+\lambda_{n-1,m}\omega_{n,m}$	$-\lambda_{n-1,}\Phi_{n,m}-\Delta_{n-1,m}\omega_{n,m}$	1	$-\Phi_{n,m}$	$\omega_{n,m}$	$6i_{n,m}$
$T_{n,m}$	$-\mu_{n-1,m}$	$\lambda_{n-1,m}$	0	1	0	0
$\rho_{n,m}$	$\lambda_{n-1,m}$	$-\Delta_{n-1,m}$	0	0	1	0
$M_{n,m}$	$\mu_{n-1,m}\cdot y_{n,m}+\lambda_{n-1,m}\cdot x_{n,m}$	$-\lambda_{n-1,m}\cdot y_{n,m}-\Delta_{n-1,m}\cdot x_{n,m}$	0	$-\gamma_{n,m}$	$x_{n,m}$	1

3. Очертание подземных конструкций в расчетной схеме, также как и по методу сил, заменяется полигональным очертанием.

Для получения необходимой точности принято разделение полигонального очертания половины крепи на 8 участков по четыре в каждой системе координат.

4. Активные нагрузки для расчета крепи принимаются на основании натурных исследований /табл. 4/. Вертикальные и горизонтальные распределенные нагрузки приводятся к узловым.

5. В узлах, где предполагается отпор породы, прикладываются упругие опоры, необходимость постановки которых в расчетной схеме уточняется повторными расчетами.

6. Коэффициент отпора породы принимается либо из таблиц по данным натурных исследований, либо по формуле акад. Б.П. Галеркина

$$k = \frac{E}{R(1+\nu)},$$

где: k - коэффициент отпора породы, т/м3;

E - модуль упругости породы, т/м2;

ν - коэффициент Пуассона;

R - средний радиус выработки, м.

Жесткость упругой опоры / $\bar{k}_{n,m}$ / определяется по формуле:

$$\bar{k}_{n,m} = k_{n,m} \frac{l_{n-1,m} + l_{n,m}}{2} \cdot b,$$

где: b - расчетная ширина сечения крепи;

$l_{n,m}$ - длина звена ломаной.

7. При необходимости учета трения обделки по породе упругие опоры поворачиваются на угол δ от нормали радиального направления

$$\delta = \operatorname{arctg} f,$$

где: f - коэффициент трения обделки по породе.

8. При расчете замкнутой крепи /рис.IC/ для определения начальных параметров составляется 3 уравнения равновесия и 3 уравнения совместности деформаций для узла 4 /табл.8/.

Коэффициенты при неизвестных начальных параметрах и свободные члены определяются по формуле /п.I/.

Таблица 8

№№ пп	Уравнения	Начальные параметры						Свободные члены
		U_{01}	P_{01}	M_{01}	U_{02}	P_{02}	M_{02}	
I	$U_{41} + U_{42} = 0$							
2	$V_{41} - V_{42} = 0$							
3	$\varphi_{41} + \varphi_{42} = 0$							
4	$T_{41} - T_{42} = 0$							
5	$P_{41} + P_{42} = 0$							
6	$M_{41} - M_{42} = 0$							

9. При расчете незамкнутой крепи /рис.II/ восемь неизвестных начальных параметров, но поскольку 2 из них являются взаимно зависимыми

$$T_{02} = - \bar{k}^{\varphi}_{02} \cdot U_{02};$$
$$P_{02} = - \bar{k}^{\gamma}_{02} \cdot V,$$

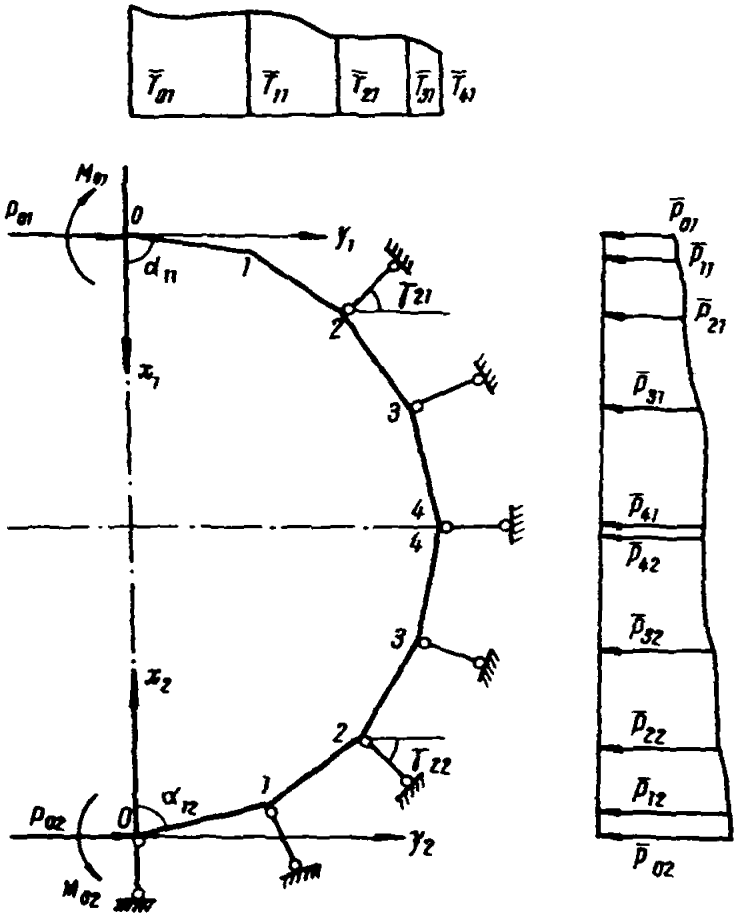


Рис. IO. Расчетная схема замкнутой крепи.

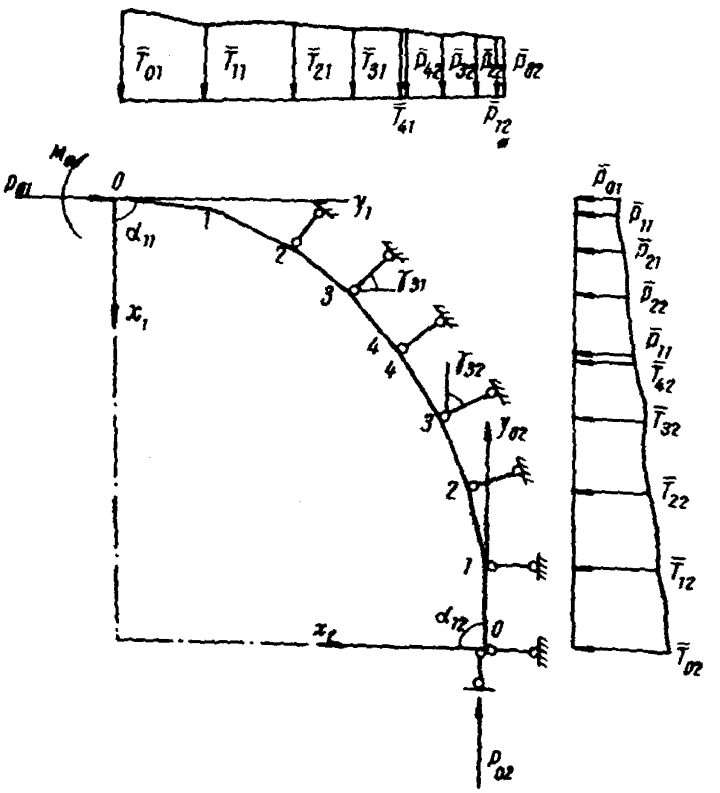


Рис. II. Расчетная схема незамкнутой крепи.

где: $\bar{k}^{x}_{02}$, $\bar{k}^{y}_{02}$ - жесткости опор в узле 0 соответственно вдоль оси ОХ и ОУ,

то шести уравнений оказывается достаточно для определения начальных параметров /табл.9/.

Таблица 9

№№ пп	Уравнения	Начальные параметры						Свободные члены
		U_{01}	P_{01}	M_{01}	U_{02}	V_{02}	φ_{02}	
I	$U_{41} + V_{42} = 0$							
2	$V_{41} + U_{42} = 0$							
3	$\varphi_{41} + \varphi_{42} = 0$							
4	$T_{41} - P_{42} = 0$							
5	$P_{41} - T_{42} = 0$							
6	$M_{41} - M_{42} = 0$							

10. После определения начальных параметров вычисляются нормальные силы $N_{n,m}$, упругие реакции $R_{n,m}$ в узлах по формулам:

$$N_{n,m} = -(T_{n,m} \cdot \cos\alpha_{n+1,m} + P_{n,m} \cdot \sin\alpha_{n+1,m});$$
$$R_{n,m} = -\bar{k}_{n,m}(V_{n,m} \cdot \cos\gamma_{n,m} - U_{n,m} \cdot \sin\gamma_{n,m}).$$

11. По разработанному алгоритму составлена программа для расчета крепи на ЭВМ "Наири" /Приложение 3/. Блок-схема программы также приведена в приложении 3.

Порядок работы следующий:

а/ для выполнения цикла расчетов I раз вводится программа на перфоленте /ввод программы осуществляется

за 15 минут/;

б/ для каждого расчета предварительно перфорируется исходная информация с 39 ячейки по 120, согласно табл.10.Исходная информация вводится с СТА-2М в виде чисел с плавающей запятой;

в/ при расчете незамкнутой крепи необходимо нажать клавишу "ключ";

г/ в случае, если отсутствует необходимость в выдаче результатов решения системы линейных уравнений, то следует нажать клавишу "вариант";

д/ машина выполняет расчет /2 мин/ и останавливается на команде 946 /10/ или 1662/8/. На панели загорается сигнальная лампочка "конец". После останова машины следует дополнительно ввести исходную информацию, начиная с 91 ячейки по 120.

Машина выполняет окончательный расчет /10 сек/ и печатает результаты в виде таблицы /см.табл.11/.

Таблица 10

Система координат	№ узла	ν, м	E, т/м^2	J, м^4	F, м^2
I	1	39	47	55	63
	2	40	48	56	64
	3	41	49	57	65
	4	42	50	58	66
II	1	43	51	59	67
	2	44	52	60	68
	3	45	53	61	69
	4	46	54	62	70

Система координат	№ узла	$\bar{T}$, т	$\bar{P}$, т	$\bar{k}$, т/м	α, град	γ, град
I	0	71	81	91		109
	1	72	82	92	101	110
	2	73	83	93	102	111
	3	74	84	94	103	112
	4	75	85	95	104	113
II	0	76	86	96		114
	1	77	87	97	105	115
	2	78	88	98	106	116
	3	79	89	99	107	117
	4	80	90	100	108	118

$\bar{k}_{02}^{x}$ = 119 т/м; $\bar{k}_{02}^{y}$ = 120 т/м.

Таблица 11

Система координат	номера узлов	Расчетные параметры						
		$U_{n,m}$	$V_{n,m}$	$\varphi_{n,m}$	$N_{n,m}$	$R_{n,m}$	$M_{n,m}$	
I	0							
	1							
	2							
	3							
	4							
II	0							
	1							
	2							
	3							
	4							

Примеры расчета крепи капитальных выработок.

Приведены статические расчеты на единичные нагрузки[x] двух типов конструкции крепи: замкнутой двутавровой и сводчатой бетонной.

Расчеты выполнены для различных условий нагружения и для различных пород. Для получения напряженно-деформированного состояния крепи от конкретных нагрузок необходимо умножить расчетные параметры, полученные при единичных нагрузках, на величину $\frac{q}{100}$.

I. Расчет замкнутой двутавровой крепи.

Расчет сделан для устойчивых и неустойчивых пород. Для устойчивых пород расчеты выполнялись только на вертикальную нагрузку без учета бокового. Для неустойчивых - с учетом вертикальной и горизонтальной составляющих нагрузок, причем величина горизонтальной нагрузки определялась через коэффициент бокового распора умноженный на $\frac{q}{100}$.

Исходная информация для неустойчивых пород предоставлена в табл.I2. Для устойчивых пород столбец $\bar{P}$ /в исходной информации табл.I2/ сбрасается в нуль в обоих системах координат, а столбец $\bar{T}$ сбрасается в нуль во II системе координат.

Результаты расчета с расчетными схемами представлены в табл.I3, I4. Эпюры нагибающих моментов / M /, нормальных сил / N / и эпюры перемещений / S / предоставлены на рис.I2, I3.

---

x/ Для получения значащих цифр в величинах перемещений *единичные нагрузки были увеличены в* I00 раз.

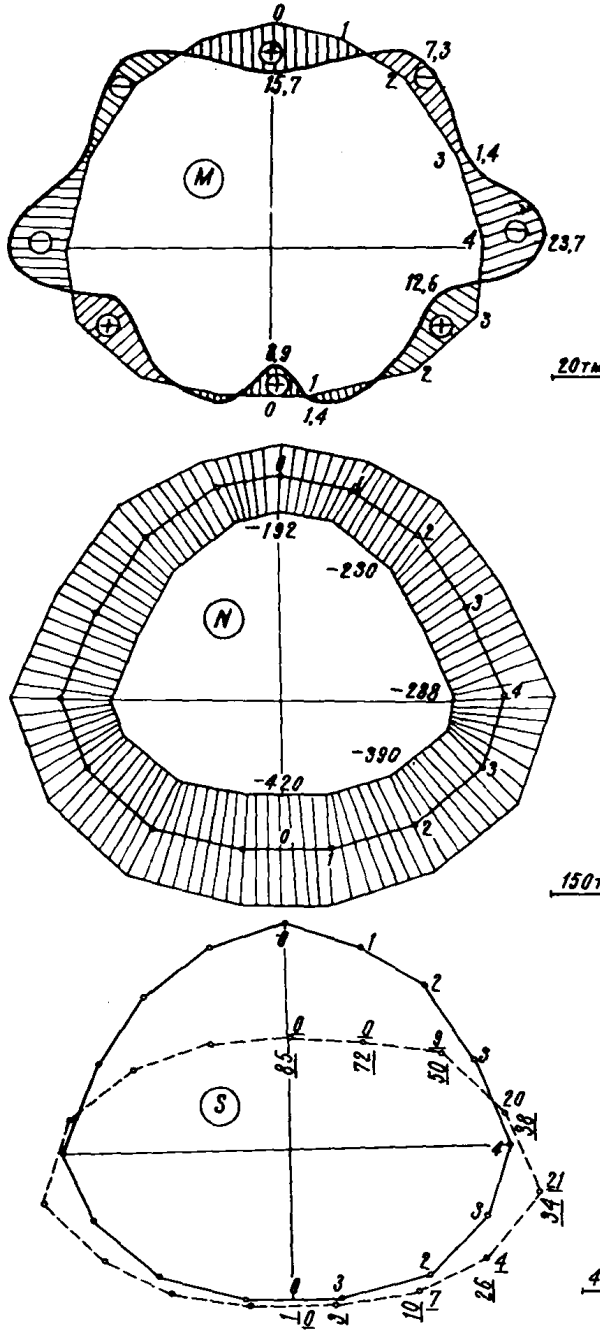


Рис. 12. Эпюры изгибающих моментов (М), нормальных сил (N) и перемещений (S) по расчету двутавровой крепи (неустойчивое состояние пород)

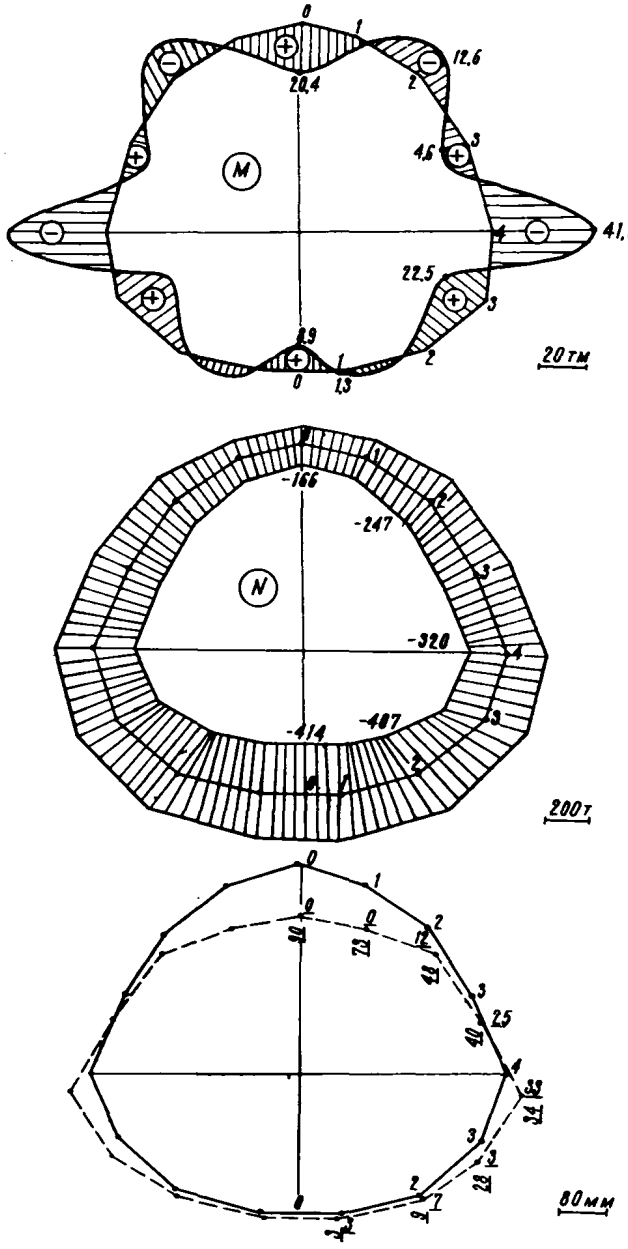


Рис. 13. Эпюры изгибающих моментов (M), нормальных сил (N) и перемещений (S) по расчету двутавровой крепи (устойчивое состояние пород)

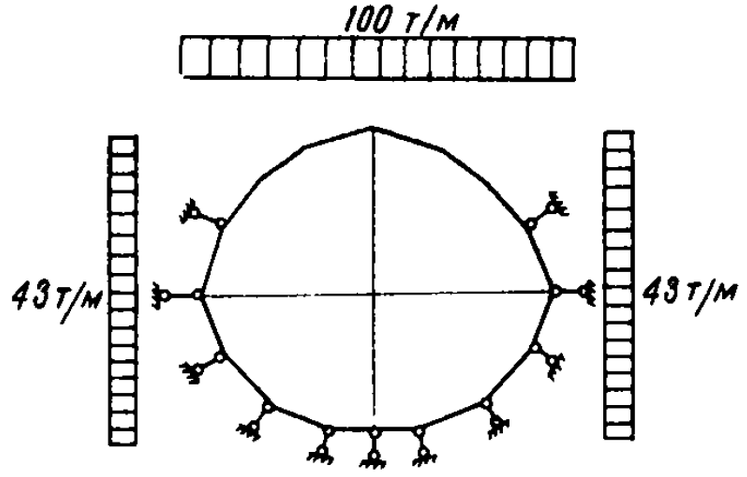
Таблица I2

№ сист. коорд.	№ узла	l, м	$E \cdot 10^{-7}$, т/м	$J \cdot 10^{4}$, $м^4$	$F \cdot 10^{2}$, $м^2$
I	1	1	2	0,237	0,355
	2	I	2	0,237	0,355
	3	I	2	0,237	0,355
	4	1	2	0,237	0,355
П	I	0,6	2	0,237	0,355
	2	1	2	0,237	0.355
	3	I	2	0,237	0,355
	4	1	2	0,237	0,355

№ сист. коорд.	№ узла	$\bar{T}$, т	$\bar{P}$, т	$\bar{k} \cdot 10^{4}$, т/м	α град	γ, град
I	0	44	-6	0		90
	I	82	-I5	0	80	69
	2	74	-30	0	58	46
	3	4I	-38	2,2	36	23
	4	2I	-23	2,2	13	0
П	0	0	0	1,3		90
	I	0	-5	3,4	90	77
	2	0	-I9	4.4	75	46
	3	0	-34	4,4	62	25
	4	0	-2I	2,2	8	0

$\bar{k}_{02}^{x} = -0$ $\bar{k}_{02}^{y} = -0$

Таблица I3



№ сист. коорд	№ узла	Расчетные параметры					
		U	V	φ	N	R	M
I	0	0,085	0,000	0,000	-192,156	0,000	15,665
	1	0,072	0,000	0,022	-196,344	0,000	5,701
	2	0,050	0,009	0,020	-230,779	0,000	-7,274
	3	0,038	0,020	0,011	-260,025	-75,518	-1,445
	4	0,034	0,021	0,014	-287,779	-474,348	-23,671
II	0	-0,001	0,000	0,000	-420,705	-17,103	8,875
	1	-0,003	-0,003	0,004	-415,705	-85,017	-1,386
	2	-0,010	-0,007	0,008	-390,581	-84,427	4,720
	3	-0,026	-0,004	0,026	-327,011	-309,578	12,583
	4	-0,034	0,021	0,014	-286,354	-474,350	-23,670

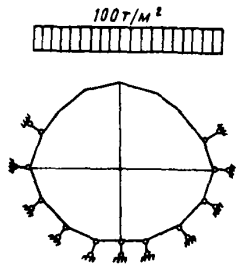


Таблица I4

№ сист. коорд.	№ узла	Расчетные параметры					
		u	v	φ	N	R	M
I	0	0,090	0,000	0,000	-166,692	0,000	20,346
	1	0,073	0,000	0,027	-186,039	0,000	5,960
	2	0,048	0,012	0,020	-247,346	0,000	-12,559
	3	0,040	0,025	0,017	-293,026	-160,986	9,271
	4	0,034	0,033	-0,016	-320,737	-731,265	-41,062
II	0	-0,001	0,000	0,000	-413,632	-16,967	8,858
	1	-0,003	-0,003	0,004	-413,632	-85,257	-1,322
	2	-0,009	-0,007	0,007	-406,905	-81,677	4,138
	3	-0,028	-0,003	0,035	-372,734	-383,044	22,478
	4	-0,034	0,033	0,016	-319,165	-731,272	-41,062

2. Расчет сводчатой бетонной крепи.

Выполнены следующие варианты расчетов:

а/ неустойчивые породы:

$\sigma_{сж}$ = 600 кг/см2; $E = 4{,}7 \cdot 10^5$ кг/см2

при глубинах проходки более 800м /табл.I, рис.3/;

б/ устойчивые породы:

$\sigma_{сж}$ = 600 кг/см2, $E = 4{,}7 \cdot 10^5$ кг/см2

при глубинах проходки 400м /табл.I, рис.3/;

в/ неустойчивые породы:

$\sigma_{сж}$= 450 кг/см2; $E = 2{,}1 \cdot 10^5$ кг/см2;

при глубине 1000м /табл.I, рис.3/;

г/ устойчивые породы:

$\sigma_{сж}$= 1200 кг/см2; $E = 6 \cdot 10^5$ кг/см2;

при глубине проходки 1000м/табл.I, рис.3/.

Исходная информация по варианту "а" представлена в табл.I5. Для варианта "б" столбец $\bar{P}$ в обоих системах координат и столбец $\bar{T}$ во П-ой системе координат обращаются в нуль.

Исходная информация по варианту "в" и "г" отличается соответственно от вариантов "а" и "б" только столбцом $\bar{k}$ и величинами $\bar{k}^{z}_{02}$ и $\bar{k}^{y}_{02}$, которые изменяются пропорционально модулю упругости.

Результаты расчета представлены соответственно в табл.I6-I9. Эпюры M, N и S показаны на рис.I4-I7.

Таблица I5

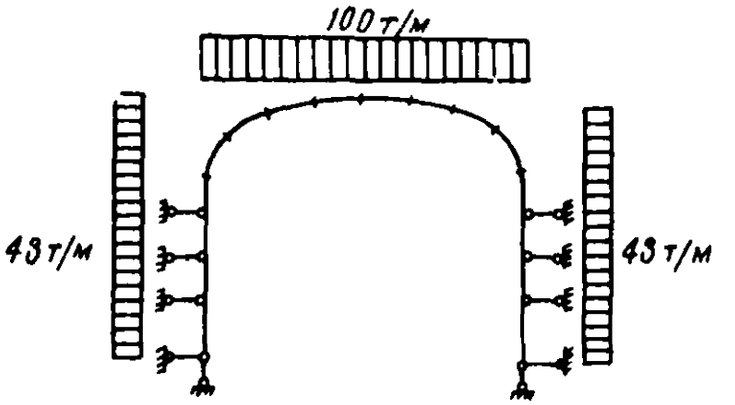
Исходная информация для расчета сводчатой бетонной крепи /вариант "а"/

Система координат	№ узла	r, м	$E \cdot 10^6$, т/м	$J \cdot 10^4$, м⁴	F (м²)
I	I	0,8	2,32	22	0,3
	2	0,8	2,32	22	0,3
	3	0,8	2,32	22	0,3
	4	0,8	2,32	22	0,3
II	1	0,5	2,32	22	0,3
	2	0,5	2,32	22	0,3
	3	0,5	2,32	22	0,3
	4	0,5	2,32	22	0,3

Система координат	№ узла	$\bar{T}$, т	$\bar{P}$, т	$\bar{k} \cdot 10^{-5}$, т/м	α град	γ град
I	0	41	-4	0		90
	1	82	-9	0	84	77
	2	74	-18	0	72	63
	3	59	-25	0	55	38
	4	18	-18	0	18	20
II	0	11	0	0		90
	1	22	0	2	90	90
	2	22	0	2	90	90
	3	22	0	2	90	90
	4	11	0	0	90	90

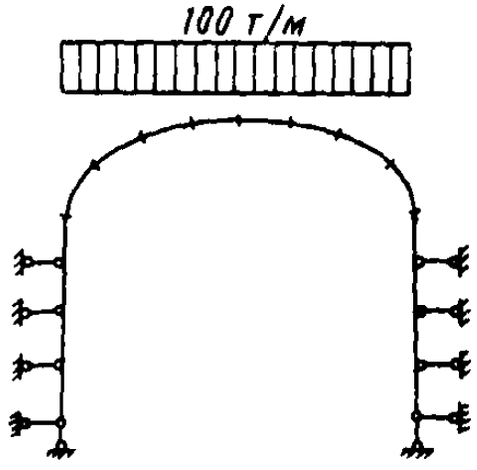
$\bar{k}_{02}^{x} = -9{,}4 \cdot 10^4$ т/м; $\bar{k}_{02}^{y} = -3{,}5 \cdot 10^4$ т/м.

Таблица I6



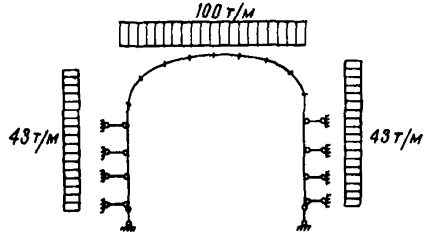
№ сист. коорд.	№ узла	Расчетные параметры					
		U	V	φ	N	R	M
I	0	0,021	0,000	0,000	-196,215	0,000	50,218
	1	0,018	0,000	0,006	-199,047	0,000	34,000
	2	0,012	0,001	0,008	-221,810	0,000	-13,300
	3	0,008	0,004	0,002	-258,169	0,000	-64,752
	4	0,008	0,002	-0,004	-290,414	0,000	-17,610
II	0	0,000	-0,008	-0,000	-265,000	0,000	0,000
	1	0,000	-0,008	-0,000	-265,000	49,390	0,969
	2	0,000	-0,008	0,000	-265,000	39,400	15,633
	3	0,000	-0,008	0,003	-265,000	-137,941	38,997
	4	0,002	-0,008	0,004	-265,000	0,000	-17,608

Таблица I7



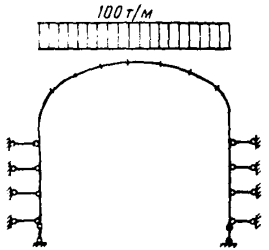
№ сист. коорд.	№ узла	Расчетные параметры					
		U	V	φ	N	R	M
I	0	0,024	0,000	0,000	-148,502	0,000	61,001
	1	0,020	0,000	0,007	-160,545	0,000	40,799
	2	0,013	0,002	0,009	-202,110	0,000	-16,072
	3	0,008	0,005	0,002	-263,319	0,000	-77,029
	4	0,008	0,003	-0,005	-297,919	0,000	-25,103
II	0	0,000	-0,008	-0,000	-265,000	0,000	0,000
	1	0,000	-0,008	-0,000	-265,000	34,475	1,423
	2	0,000	-0,008	0,000	-265,000	20,799	20,085
	3	-0,001	-0,008	0,004	-265,000	-206,621	49,147
	4	-0,003	-0,008	0,005	-265,000	0,000	-25,102

Таблица I8



№ сист. коорд.	№ узла	Расчетные параметры					
		u	v	φ	N	R	M
I	0	0,032	0,000	0,000	-191,184	0,000	52,670
	1	0,029	0,000	0,006	-194,043	0,000	36,037
	2	0,022	0,001	0,008	-217,024	0,000	-12,508
	3	0,018	0,004	0,002	-254,047	0,000	-66,268
	4	0,018	0,003	-0,004	-288,859	0,000	-22,954
II	0	0,000	-0,017	-0,000	-265,000	12,843	0,000
	1	0,000	-0,017	-0,000	-265,000	37,065	7,058
	2	0,000	-0,018	0,001	-265,000	11,795	21,648
	3	-0,001	-0,018	0,003	-265,000	-105,160	31,137
	4	-0,003	-0,018	0,004	-265,000	0,000	-22,954

Таблица I9



№ сист коорд	№ узла	Расчетные параметры					
		U	V	φ	N	R	M
I	0	0,022	0,000	0,000	-150,436	0,000	60,055
	1	0,018	0,000	0,007	-181,083	0,000	40,014
	2	0,011	0,002	0,009	-236,225	0,000	-16,379
	3	0,006	0,005	0,002	-281,398	0,000	-76,447
	4	0,007	0,003	-0,005	-250,436	0,000	-28,050
II	0	-0,000	-0,006	-0,000	-265,000	-0,648	0,000
	1	0,000	-0,006	-0,000	-265,000	34,940	-0,149
	2	0,000	-0,006	0,000	-265,000	35,353	17,171
	3	-0,000	-0,006	0,003	-265,000	0,000	52,168
	4	-0,003	-0,007	0,005	-265,000	-0,292	-23,048

Результаты расчета сводчатой бетонной крепи (вариант 2)

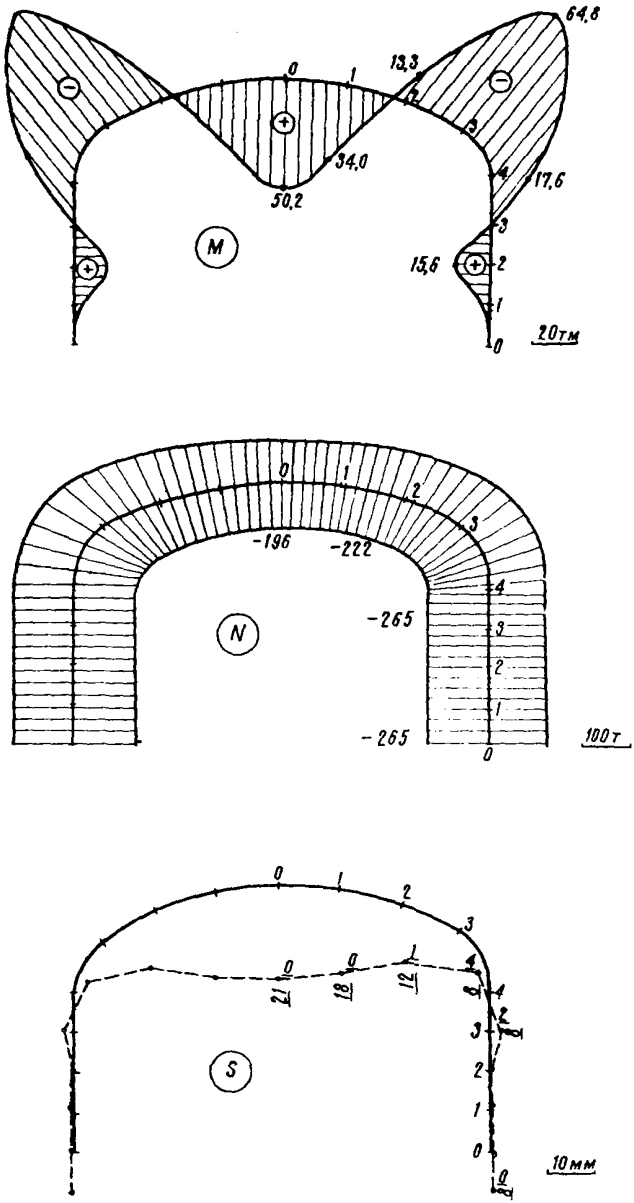
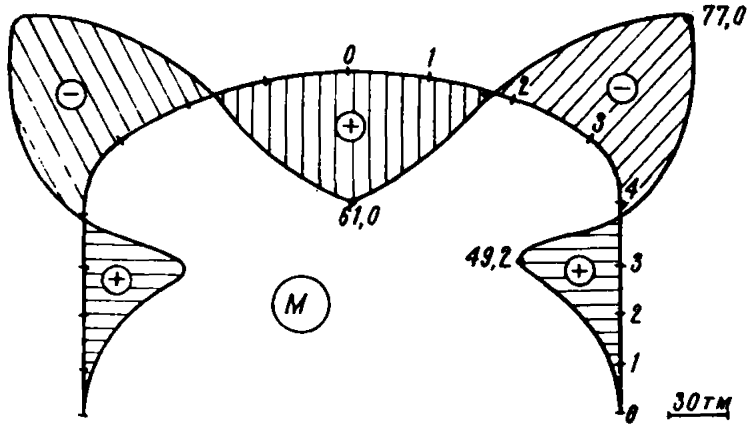
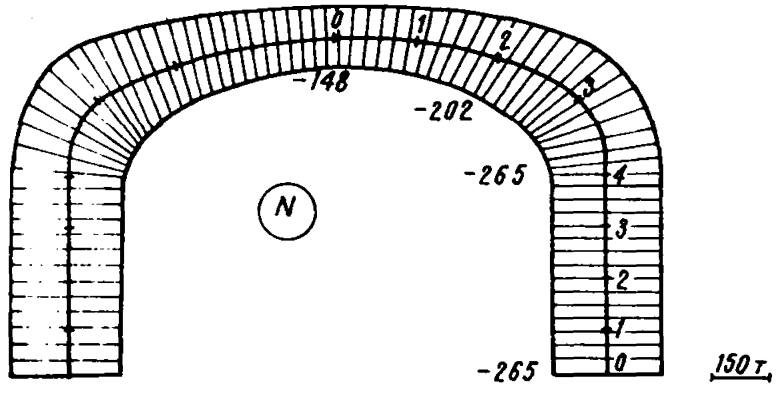
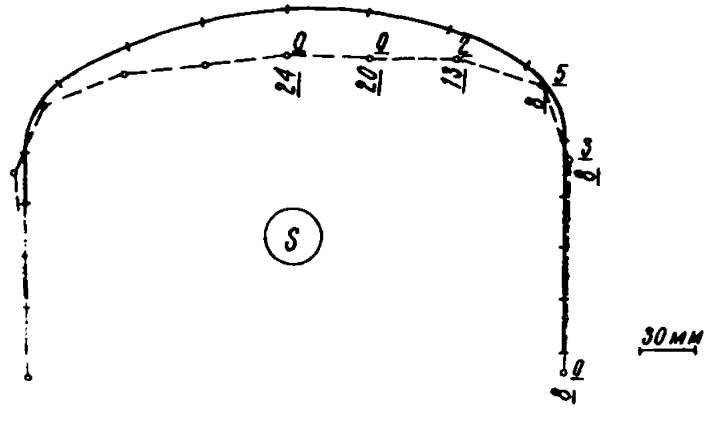


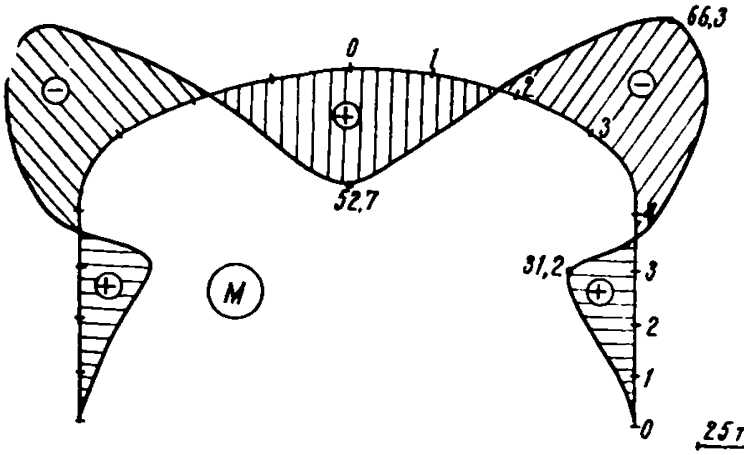
Рис. I4. Эпюры изгибающих моментов (M), нормальных сил (N) и перемещений (S) по расчету сводчатой бетонной крепи (вариант "а")

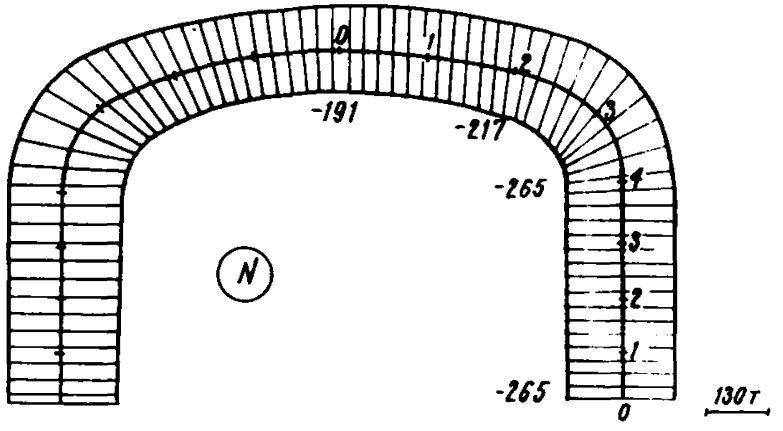


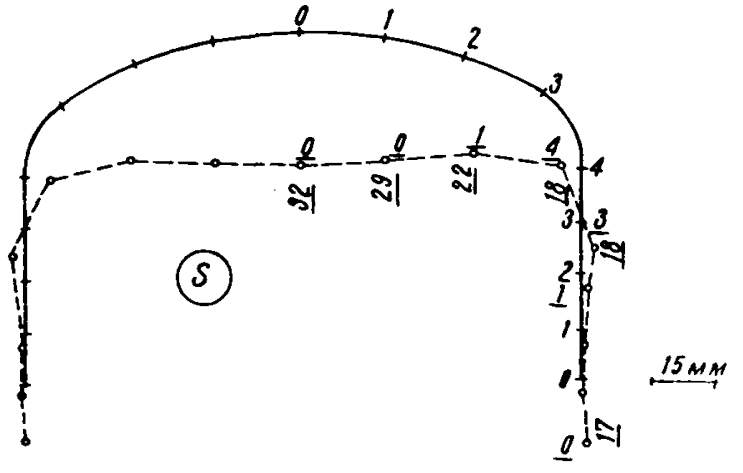




[illegible] изгибающих моментов (M), нормальных сил (N) и [illegible] S [illegible] расчету [illegible] чатой бетонной крепи (вариант "б")


66,3
0
1
2
3
52,7
31,2
M
3
2
1
0
25тм


0
1
2
3
-191
-217
-265
N
4
3
2
1
-265
0
130т


0
1
2
3
0
0
1
4
32
29
22
18
4
3
18
S
2
1
1
0
17
15мм

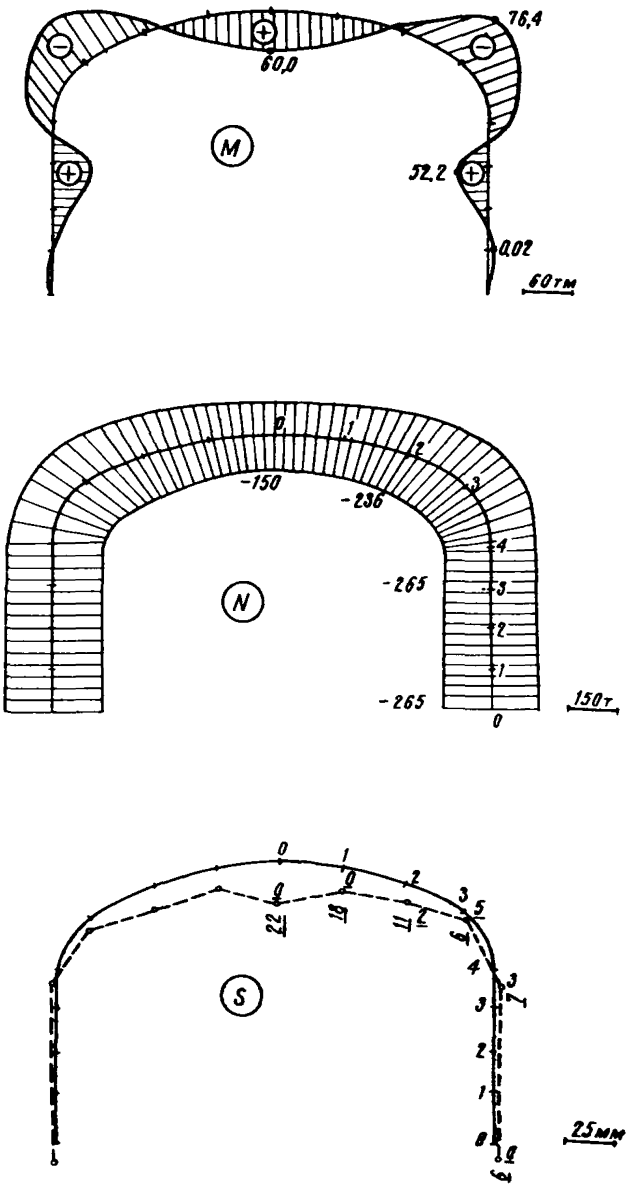


Рис. 17. Эпюры изгибающих моментов (М), нормальных сил (N) и перемещений (S) по расчету сводчатой бетонной крепи (вариант "г")

Пример 1. Выработка пройдена на глубине H=600м в весьма слабых породах с характеристиками: $\sigma_{ск}$ =300 кг/см2, E=1,37.10^5 кг/см2. Площадь поперечного сечения выработки в свету 16 м2. Крепь двутавровая замкнутая /ст.3/,

J = 0,24.10^{-4} $м^4$; F = 0,36.10^{-2} м2. Промежутки между рамами бетонируются. Усиление крепи бетонировкой промежутков между рамами расчетом не учитывается. Условия сооружения выработки - нормальные.

Проверить прочность опасных сечений крепи.

Из графика рис.3 определяем, что породы находятся в неустойчивом состоянии.

По табл.4 для данного случая определяем величину вертикальной нагрузки q = 50 т/м2 /на одну раму q = 12,5 т/м2. Используя эпюры, построенные от нагрузки q = 100 т/м2 /рис.12/, определяем по ним опасные сечения:

- в своде: M = 1,95 тм, N = - 24 т;
- в боках: M =-2,95 тм, N = - 36 т.

Проверка прочности сечения осуществляется по формуле:

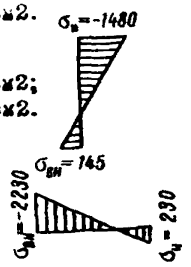
$$\sigma = -\frac{N}{F} \pm \frac{M \cdot y}{J}.$$

В своде:

$\sigma_{вн}$ = 145 кг/см2 < [σ] = 1600 кг/см2;
$\sigma_{н}$ =-1480 кг/см2 < [σ] = 1600 кг/см2.

В боках:

$\sigma_{вн}$ = - 2230 кг/см2 > [σ] = 1600 кг/см2;
$\sigma_{н}$ = 230 кг/см2 < [σ] = 1600 кг/см2.



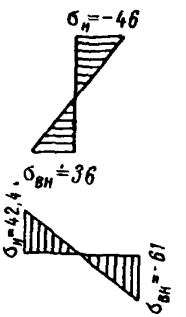
Пример 2. $H=1000м$, $\sigma_{сж} = 1200$ кг/см2;
$E = 6.10^5$ кг/см2, $F = 0,3$ м2,
$J = 0,22.10^{-2}$ $м^4$, $\lambda = 0,43$.

Площадь выработки 16м2. Крепь сводчатая бетонная. Бетон марки 300. Условия нормальные.

Проверить прочность опасных сечений.

Из графика рис.3 определяем, что породы находятся в устойчивом состоянии. По табл.4 вертикальная нагрузка $q = 10$ т/м2. Используя эпюры от единичных нагрузок /вариант "г" , рис.17/, определяем по ним опасные сечения:

- в своде: $M=6$ тм, $N = -15$ т;
- в пятах свода: $M = -7,6$ тм,
  $N = -28,1$ т.



Проверка прочности сечений:

- в своде:

$\sigma_{вн} = 36$ кг/см2 $> [\sigma] = 9$ кг/см2;

$\sigma_н = -46$ кг/см2 $< [\sigma] = 160$ кг/см2;

- в пятах свода:

$\sigma_{вн} = -61$ кг/см2 $< [\sigma] = 160$ кг/см2;

$\sigma_н = 42,4$ кг/см2 $> [\sigma] = 9$ кг/см2.

В примере I, где рассматривается случай, когда выработка пройдена по весьма слабым породам / $\sigma_{сж} = 300$ кг/см2/, принятое сечение двутавровой крепи не удовлетворяет условию прочности.

Для крепления выработки в таких условиях должны применяться двутавры более тяжелого профиля или блочные крепи с податливыми прокладками.

В примере 2 невыполнение условия прочности по растяжению приводит к появлению трещин и изменению расчетной схемы. В ряде случаев, когда можно допустить образование трещин, конструкция может успешно работать. При повторном расчете такой конструкции необходимо ввести в расчетную схему шарниры в узлах, где не выполняется условие прочности по растяжению.

Приведенные примеры расчета следует рассматривать лишь как иллюстрацию предлагаемой методики.

В случае, если имеется активное давление со стороны почвы, то на этом участке снижается отпор породы и $\bar{k}$ в расчете принимается равным нулю. Аналогично следует поступать при известных контактных давлениях по контуру крепи.

В данной методике предусматривается расчет крепи лишь на симметричное относительно оси загружения.

Принципиальных трудностей для расчета крепи на несимметричное загружение нет, необходимо лишь в этом случае увеличение оперативной памяти ЭВМ, так как при расчете на несимметричные нагрузки в два раза увеличивается число неизвестных.

В настоящей методике предусматривается расчет абсолютно жесткой конструкции крепи. Дальнейшим этапом работы является составление методики расчета конструкции крепи с прокладками в стыках и с шарнирным соединением элементов крепи.

Программа для расчета крепи на ЭВМ "Наири"

```
559   п0п1
560   п0п29↓
561   с1п1
562   ×36п1
563   ●i16380п>
564   п0×483
565   п0п13
566   п10×484
567   п0п14
568   п11×485
569   п483×15
570   п12×486
571   п13×1
572   п409×481↓
573   п14×1
574   уп445×481↓      подпрограмма умножения матриц (n_max = 6)
575   п15×1
576   с п481×29↓
577   с 2048п14
578   с 1п15
579   б1×486
580   ●i16374п>
581   с 2048п13
582   б1×485
583   ●i16369п>
584   п15×483
585   б1×484
586   ●i16364п>
587   п0п1
588   п29×445↓
589   с 2049п1
590   ×73764п1
591   ●i16380п>
592   и784п32
593   п0п1
594   п0×121↓         0 ⇒ 121-408
595   с 1п1
596   ×288п1
597   ●i16380п×
598   п2×445
599   п0×484
600   п0×475
601   п0×485
602   п4×486
603   п5×980
604   п484×1
605   п101×15↓        ⇒ α_n
606   о g11051×15     α_n ⇒ рад
607   с 515×10        cos α_n
608   уп39×10↓        l_n cos α_n
```

609	Sn15н11	$\sin\alpha_n$
610	yn39н11+	$\ell_n \sin\alpha_n = y_n$
611	n47н12+	$\Rightarrow E_n$
612	yn55н12+	$E_n J_n$
613	yn7666н12	$6E_n J_n$
614	gn39н12+	$\ell_n / 6E_n J_n$
615	n39н13+	$\Rightarrow \ell_n$
616	yn47н13+	$\ell_n E_n$
617	yn63н13+	$\ell_n E_n F_n$
618	gn11810н13	$1/\ell_n E_n F_n = j_n$
619	n12н15	$\Rightarrow i_n$
620	yn11н15	$i_n y_n$
621	yn11н15	$i_n y_n^2$
622	n13н14	$\Rightarrow j_n$
623	yn10н14	$j_n x_n$
624	yn10н14	$j_n x_n^2$
625	0n15н14	$i_n y_n^2 - j_n x_n^2 = v_n$
626	n12н477	$\Rightarrow i_n$
627	cn13н477	$i_n + j_n$
628	yn10н477	$x_n (i_n + j_n)$
629	yn11н477	$x_n y_n (i_n + j_n) = \theta_n$
630	n12н15	$\Rightarrow i_n$
631	yn10н15	$i_n x_n$
632	yn10н15	$i_n x_n^2$
633	n13н478	$\Rightarrow j_n$
634	yn11н478	$j_n y_n$
635	yn11н478	$j_n y_n^2$
636	0n15н478	$i_n x_n^2 - j_n y_n^2 = \psi_n$
637	n12н479	$\Rightarrow i_n$
638	yn10н479	$i_n x_n$
639	yn7667н479	$5 i_n x_n = \omega_n$
640	n12н480	$\Rightarrow i_n$
641	yn11н480	$i_n y_n$
642	yn7667н480	$5 i_n y_n = \xi_n$
643	c2048к484	
644	n485н1	
645	n109н15+	$\Rightarrow \gamma_n$
646	og11051н15	$\gamma_n \Rightarrow$ рад
647	Sn15н481	$\sin\gamma_n$
648	n481н483	$\Rightarrow \sin\gamma_n$
649	yn481н481	$\sin^2\gamma_n$
650	yn91н481+	$K_n \sin^2\gamma_n = \mu_n$
651	cS15н482	$\cos\gamma_n$
652	yn482н483	$\cos\gamma_n \sin\gamma_n$
653	yn482н482	$\cos^2\gamma_n$
654	yn91н482+	$K_n \cos\gamma_n = \Delta_n$
655	yn91н483+	$K_n \cos\gamma_n \sin j_n = \lambda_n$
656	c2048к485	
657	01к980	
658	$\bullet_1$69п$\leq$	

659	n475¤1		
660	n481¤15	$\Rightarrow \mu_n$	
661	yn14¤15	$\mu_n \nu_n$	
662	n483¤121+	$\Rightarrow \lambda_n$	
663	yn477¤121+	$\lambda_n \theta_n$	
664	6n11810¤121+	$1 - \lambda_n \theta_n$	
665	o 615¤121+	$1 - \lambda_n \theta_n - \mu_n \nu_n$	$= a_{11}$
666	n483¤122+	$\Rightarrow \lambda_n$	
667	yn14¤122+	$\lambda_n \nu_n$	
668	n482¤15	Δ_n	
669	yn477¤15	$\Delta_n \theta_n$	
670	cn15¤122+	$\lambda_n \nu_n + \Delta_n \theta_n$	$= a_{12}$
671	o 611¤123+	$-\gamma_n$	$= a_{13}$
672	n14¤124+	ν_n	$= a_{14}$
673	o 6477¤125+	$-\theta_n$	$= a_{15}$
674	o 6480¤126+	$-\xi_n$	$= a_{16}$
675	n481¤127+	$\Rightarrow \mu_n$	
676	yn477¤127+	$\mu_n \theta_n$	
677	n483¤15	$\Rightarrow \lambda_n$	
678	yn478¤15	$\lambda_n \psi_n$	
679	cn15¤127+	$\lambda_n \psi_n + \mu_n \theta_n$	$= a_{21}$
680	n483¤128+	$\Rightarrow \lambda_n$	
681	yn477¤128+	$\lambda_n \theta_n$	
682	6n11810¤128+	$1 - \lambda_n \theta_n$	
683	n482¤15	$\Rightarrow \Delta_n$	
684	yn478¤15	$\Delta_n \psi_n$	
685	o 615¤128+	$1 - \lambda_n \theta_n - \Delta_n \psi_n$	$= a_{22}$
686	n10¤129+	$\Rightarrow \alpha_n$	$= a_{23}$
687	o 6477¤130+	$-\theta_n$	$= a_{24}$
688	n478¤131+	$\Rightarrow \psi_n$	$= a_{25}$
689	n479¤132+	$\Rightarrow \omega'_n$	$= a_{26}$
690	n481¤133+	$\Rightarrow \mu_n$	
691	yn480¤133+	$\mu_n \xi_n$	
692	n483¤15	$\Rightarrow \lambda_n$	
693	yn479¤15	$\lambda_n \omega'_n$	
694	cn15¤133+	$\lambda_n \omega'_n + \mu_n \xi_n$	$= a_{31}$
695	o 6483¤134+	$= -\lambda_n$	
696	yn480¤134+	$-\lambda_n \xi_n$	
697	n482¤15	$\Rightarrow \Delta_n$	
698	yn479¤15	$\Delta_n \omega'_n$	
699	o 615¤134+	$-\lambda_n \xi_n - \Delta_n \omega'_n$	$= a_{32}$
700	n11810¤135+	$\Rightarrow 1$	$= a_{33}$
701	o 6480¤136+	$-\xi_n$	$= a_{34}$
702	n479¤137+	ω'_n	$= a_{35}$
703	n12¤138+	$\Rightarrow i_n$	
704	yn7666¤138+	$6i_n$	$= a_{36}$
705	o 6481¤139+	$\Rightarrow \mu_n$	$= a_{41}$
706	n483¤140+	$= \lambda_n$	$= a_{42}$
707	n11810¤142+	$\Rightarrow 1$	$= a_{44}$
708	n483¤145+	$\Rightarrow \lambda_n$	$= a_{51}$

709	о δ482ж146+	$-\Delta_n$	$=a_{52}$
710	п11810ж149+	1	$=a_{55}$
711	п481ж151+	$\Rightarrow \mu_n$	
712	уп11ж151+	$y_n \mu_n$	
713	п483ж15	$\Rightarrow \lambda_n$	
714	уп10ж15	$\lambda_n x_n$	
715	с п15ж151+	$\lambda_n x_n + y_n \mu_n$	$=a_{61}$
716	о δ483ж152+	$-\lambda_n$	
717	уп11ж152+	$-\lambda_n y_n$	
718	п482ж15	Δ_n	
719	уп10ж15	$\Delta_n x_n$	
720	о δ15ж152+	$-\lambda_n y_n - \Delta_n x_n$	$=a_{62}$
721	о δ11ж154+	$\Rightarrow -y$	$=a_{64}$
722	п10ж155+	$\Rightarrow x$	$-a_{65}$
723	п11810ж156+	1	$=a_{64}$
724	с 36к475		
725	δ1к486		
726	e_1 16261п>		
727	e_1 16300п		
728	δ1к445		
729	e_1 4п<		
730	п481ж1022	μ	для I системы координат
731	п482ж1023	Δ	
732	п483ж993	λ	
733	e_1 16252п		
734	п481ж67	μ	для II системы координат
735	п482ж68	Δ	
736	п483ж69	λ	
737	п0п1		
738	п0к487+		
739	с 1п1		
740	ж72п1		
741	e_1 16380п*		
742	п6п10		
743	п6п11		
744	п0к794		
745	п0п112		
746	п0п102		
747	п0п103		
748	п0п104		
749	п0п106		
750	п0п110		
751	п2п111		
752	п1п12		
753	п4п108		
754	п4п109		
755	δ1п112		
756	e_1 3п>		
757	п102ж1		
758	п71ж505+		

```
759   n81н511+
760   n103н1
761   n6n101
762   cn487н488+
763   c12294n1
764   δ1n101
765   e1 16380n>
766   δ1n109
767   e1 33n<
768   n104н1
769   n6n101
770   n487н445+
771   c12289n1
772   δ1n101
773   e1 16380n>
774   n106н105
775   n108н107
776   n110н113
777   n105н1
778   n36n101
779   n121н409+
780   c2049n1
781   δ1n101
782   e1 16380n>
783   u1 559к592
784   n113н1
785   n6n101
786   cn445н489+
787   c2054n1
788   δ1n101
789   e1 16380n>
790   c73728n105
791   c1n113
792   δ1n107
793   e1 16367n>
794   u946n48
795   c1n110
796   c73728n106
797   c1n103
798   c2048n102
799   δ1n108
800   e1 16340n≥
801   δ1n111
802   e1 5n=
803   n10276n102
804   n73764n103
805   n73728n104
806   n36n110
807   e1 16329n
808   n6n12
```

Вычисление $\Sigma\bar{\Pi}_1$ и $\Sigma\bar{\Pi}_2$

809	n0n1	
810	n0n70+	
811	c1n1	
812	×36n1	
813	e₁16380n=	
814	n0n106	
815	n3n107	
816	n0n1	
817	n0×409+	
818	c1n1	
819	×36n1	
820	e₁16380n=	
821	n0n1	
822	n11810×409+	
823	c7n1	
824	×42n1	
825	e₁16380n=	
826	o b1022×427	
827	n993×428	
828	n993×433	
829	o b1022×434	
830	n106×1	
831	n36n109	
832	n229×445+	
833	c2049n1	
834	b1n109	вычисление Π_{11} и Π_{12}
835	e₁16380n>	
836	u₁559×592	
837	n106×1	
838	a₁11n1	
839	n36n109	
840	n445×229+	
841	c2049n1	
842	b1n109	
843	e₁16380n>	
844	x0×	
845	x0×	
846	n106×1	
847	n36n109	
848	n121×445+	
849	c2049n1	
850	b1n109	
851	e₁16380n>	
852	n106×1	
853	n36n109	
854	n157×409+	
855	c2049n1	
856	b1n109	
857	e₁16380n>	
858	b36n1	

859	n1*106	вычисление $П_{11}$ и $П_{12}$
860	$u_1$559*592	
861	б1n107	
862	$e_1$16373n>	
863	c 73728n106	
864	$a_1$11n1	
865	*288n1	
866	$e_1$13n-	
867	n0n1	формирование коэффициентов систем линейных уравнений для вариантов А и В
868	n445*64+	
869	n449*65+	
870	n450*66+	
871	o б492*70+	
872	c 12295n1	
873	*73770n1	
874	$e_1$16377n*	
875	n64*108	
876	n67*1022	
877	n68*1023	
878	n69*993	
879	$e_1$16319n	
880	$u_3$894n	
881	n0n1	формирование коэффициентов системы линейных уравнений для варианта А
882	n445*67+	
883	n449*68+	
884	n450*69+	
885	o б528*70+	
886	e б451*74+	
887	o б455*75+	
888	o б456*76+	
889	c n534*77+	
890	c 24590n1	
891	*73770n1	
892	$e_1$16373n*	
893	$e_1$27n	
894	n0n1	формирование коэффициентов системы линейных уравнений для варианта В
895	n0*450+	
896	yn119*448+	
897	yn120*449+	
898	c 6n1	
899	*36n1	
900	$e_1$16378n*	
901	n0n1	
902	n3n109	
903	c n445*74+	
904	c n451*67+	
905	c n457*81+	
906	o б463*95+	
907	o б469*88+	
908	o б475*102+	

909	c 2049=1	формирование коэффициентов системы линейных уравнений для вариантов В
910	б1n109	
911	e₁ 16375n>	
912	б3n1	
913	ж12288n1	
914	e₁ 16371n=	
915	o б534=70	
916	o б528=77	
917	o б540=84	
918	c n552=91	
919	c n546=98	
920	c n558=105	
921	n108=64	уход в подпрограмму решения линейных уравнений
922	n1017=980	
923	n6x993	
924	u14376n	
925	n64=487	
926	n0x505	вычисление P^0 для вариантов А и В
927	n65=511	
928	n66=517	
929	u з935n	
930	n67=523	вычисление P^0 для варианта А
931	n0x541	
932	n68=547	
933	n69=553	
934	e₁ 7n	
935	n67=523	вычисление P^0 для варианта В
936	n68=529	
937	n69=535	
938	n523=541	
939	yn119=541	
940	n529=547	
941	yn120=547	
942	n2n112	получение окончательных результатов
943	u₁ 746x794	
944	n105=106	
945	u₁ 804x794	
946	x0=	
947	n0n71	
948	n0n72	
949	n0n73	
950	n512=506	
951	бn0x506	
952	n548=542	
953	бn0x542	
954	n5n74	
955	n71=1	
956	n101=409+	
957	o g11051=409	
958	sn409=410	

959	c S 409 н 411	получение окончательных результатов
960	n 72 н 1	
961	n 109 н 427+	
962	o g 11051 н 427	
963	S n 427 н 428	
964	c S 427 н 429	
965	y n 91 н 428+	
966	y n 91 н 429+	
967	n 73 н 1	
968	y n 507 н 411+	
969	y n 513 н 410+	
970	y n 488 н 428+	
971	y n 494 н 429+	
972	d 11 n 1	
973	n 411 н 507+	
974	c n 410 н 507+	
975	δ n 0 ж 507+	
976	n 428 н 512+	
977	o δ 429 н 512+	
978	n 6 n 75	
979	u 981 n	
980	u 925 n	
981	o 2274 н	печать результатов
982	n 73 н 1	
983	n 14501 н 77	
984	δ н 488 н 77+	
985	e_1 5 n ≤	
986	n 14500 н 77	
987	δ н 488 н 77+	
988	e_1 1 n ≤	
989	o 2270 н	
990	o 2270 н	
991	o 2270 н	
992	u 994 n	
993	x 0 н 6	
994	n n 488 н 3+	
995	o 2270 н	
996	o 2270 н	
997	c 12288 n 1	
998	δ 1 n 75	
999	u 1002 n	
1000	x 0 н	
1001	x 0 н	
1002	e_1 16364 n >	
1003	u 1005 n	
1004	x 0 н	
1005	c 2048 n 73	
1006	u 1008 n	
1007	x 0 н	
1008	c 2048 n 71	

1009	c 2048n 72	
1010	δ1n 74	
1011	e_1 16327n >	
1012	n 73728n 73	
1013	δ2048n 71	печать результатов
1014	ж16384n 71	
1015	e_1 16322n ≠	
1016	e_1 16313n	
1017	u 925n	

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные положения по разработке проектов новых и реконструкции действующих угольных шахт Донецкого бассейна на глубоких горизонтах. Издание Центргипрошахта, Москва, 1966.

2. Временное руководство по расчету параметров крепи капитальных выработок глубоких шахт для пологих пластов Донбасса. Издание ДонУГИ, Донецк, 1966.

3. Инструкция по расчету давления горных пород на крепь горизонтальных капитальных выработок, не испытывающих влияния очистных работ. Рукопись ИГД им. А.А. Скочинского, Москва, 1967.

4. Временная инструкция по изготовлению и применению сборной крепи из бетонных блоков конструкции Донгипрошахта. Издание Донгипрошахта, Донецк, 1968.

5. Руководство по расчету грузонесущей способности блочной крепи с учетом ее устойчивости. Издание донгипрошахта и ДонУГИ, Донецк, 1968.

6. "Временное руководство по прогнозу устойчивости капитальных выработок шахт пологих пластов Донецко-Макеевского района Донбасса". Издание МГИ, Донецк, 1968.

7. Катовец крепи штреков и квершлагов. Издание ВВУУ, Острава-Радванице /ЧССР/, 1966.

8. В.Д. Слесарев механика горных пород. Углетехиздат, 1948.

9. Руководство по испытанию на боковой распор горных пород. Издание ВНИМИ, 1960.

10. С.Б.П. Бодров, Б.Ф. Матэри. Кольцо в упругой среде. Бюллетень № 24 Метропроекта, 1935.

11. Б.Ф. Матэри. Расчет кольца в упругой среде. "Советский метрополитен", № 9, 12, 1939.

12. Н.Л. Бурдзгла. Метод расчета монолитных обделок тоннелей. М., 1968.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Стр.

ВВЕДЕНИЕ 7

I. Общие положения 9

II. Область применения 10

III. Условия работы и характер деформации крепей, применяемых в капитальных выработках на больших глубинах. 13

§ 1. Классификация условий проходки и поддержания капитальных выработок . . . . .

§ 2. Классификация крепей и устойчивости пород в капитальных выработках. 14

§ 3. Оценка устойчивости обнажений пород капитальных выработок 19

§ 4. Механизм взаимодействия и характер деформации крепи и пород в зоне влияния вокруг выработки и позади забоя проходимой выработки 21

§ 5. Влияние смежных и сопрягающихся выработок на устойчивость пород и состояние крепи. 32

§ 6. Влияние очистных работ на устойчивость пород и крепи в капитальных выработках. 33

IV. Выбор наиболее благоприятных условий проходки и поддержания, типов и основных расчетных параметров крепи капитальных выработок. . . 34

§ 1. Выбор благоприятных условий проходки и поддержания одиночных и взаимозависящих капитальных выработок 35

§ 2. Выбор рациональных типов крепи в конкретных геологических условиях. 38

§ 3. Выбор основных расчетных параметров крепи капитальных выработок 42

V. Охрана горизонтальных капитальных выработок от вредного влияния очистных работ 47

Стр

Приложение № I 54

§ I. Примеры проверки устойчивости обнажения породного слоя в протяженной капитальной выработке 54

§ 2. Примеры определения допустимого расстояния между параллельными капитальными выработками, проходимыми в одной горизонтальной плоскости . 55

§ 3. Примеры определения допустимого расстояния между капитальными выработками, проходимыми в различных горизонтальных плоскостях в одном и разных направлениях 57

§ 4. Примеры построения целиков для охраны капитальных выработок 59

Приложение № 2 66

Методика статического расчета крепи подземных выработок монолитной жесткой конструкции с применением ЭВМ 66

Примеры расчета крепи капитальных выработок

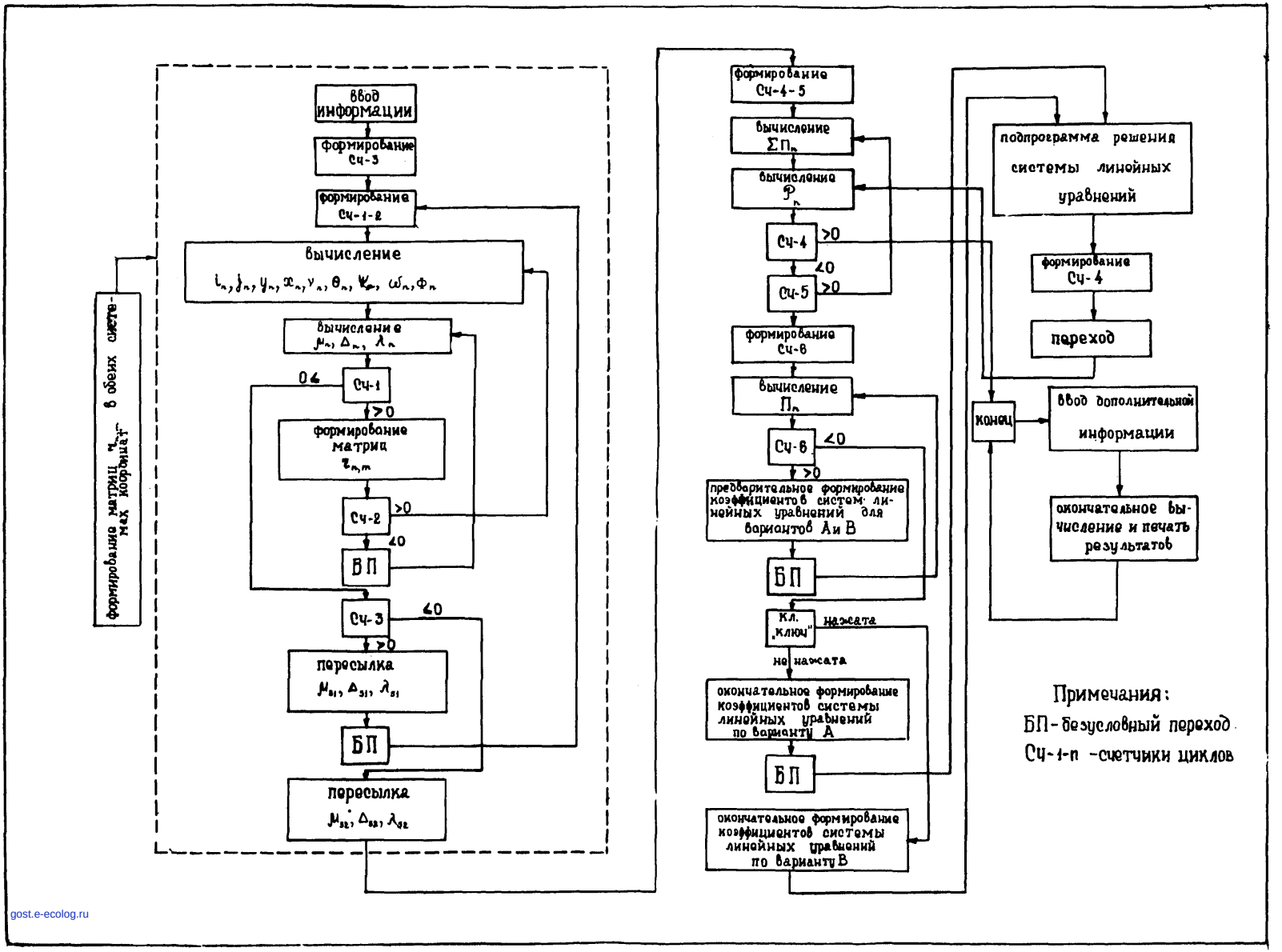
Приложение № 3 . . . . . .
Программа для расчета крепи на ЭВМ "Наири"
Блок-схема программы 96

Литература 106

Печатный цех ВНИМИ Заказ № 8 Тираж 500 3/П-70

М-28088 Объем 6 п.л. Цена 42 коп.

Блок-схема программы



Примечания:

БП - безусловный переход

Сч-1-п - счетчики циклов

gost.e-ecolog.ru