

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ**

**ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра «СТРОИТЕЛЬНЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ»**

**Методические указания по выполнению курсового проекта**

**«РАСЧЕТ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ»**

по дисциплине «Механика подземных сооружений»

*для студентов специальности 06090303*

**«ШАХТНОЕ И ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»**

*Указания составлены проф. Г.Г. Литвинским*

*Утверждены на заседании*

*кафедры СТ*

*Протокол № 10 от 24 июля 2010 г*

Г. АЛЧЕВСК 2010

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Строительство и эксплуатация современных шахт, рудников и подземных сооружений связаны с выполнением больших объемов работ по проведению и креплению горных выработок (ГВ). При этом от 40 до 60% стоимости ГВ составляют затраты на их крепление и поддержание. С развитием горных работ по добыче полезных ископаемых и переходом на более глубокие горизонты протяженность ГВ резко увеличивается, а их устойчивость снижается. Более 30% ГВ оказываются недогруженными и установленными с излишним запасом прочности, а около 33% на «больших» глубинах деформированы и нуждаются в ремонте и перекреплении. Следовательно, более 60% от протяженности всех ГВ в Донбассе закреплены не в соответствии с проявлениями горного давления (ПГД), что существенно удорожает их строительство и эксплуатацию.

Нарушение крепления ГВ обуславливается, чаще всего, несоответствием принятых типов крепи, параметров их конструкций и способов управления ПГД тем горно-геологическим условиям (ГГУ), в которых сооружаются ГВ. В то же время нередки случаи применения неоправданно мощных конструкций крепи в сравнительно благоприятных ГГУ. Все это ведет к удержанию (на 50-150% и более) и удлинению (на 30-70%) сроков строительства подземных объектов.

Проектирование проявлений горного давления в подземных выработках позволит правильно обосновать конструкции крепи, оптимальные и технологические решения по выбору типа, деформационно-силовых характеристик (ДСХ) и способов возведения крепи, обеспечивающих эксплуатацию ГВ заданный срок службы с требуемой надежностью при минимальных издержках производства.

Курсовой проект студент должен выполнить после успешного изучения курса «Механика подземных сооружений и конструкции крепи» с целью приобретения практических навыков по проектированию крепи в реальных ГГУ, развития умений принятия и обоснования инженерных решений по прогнозированию ПГД, определению режимов взаимодействия системы «крепь-массив», расчету конструктивных параметров крепи, выбору технологии ее возведения. В процессе проектирования студент получает практические навыки и умения по проектированию подземных объектов, оформлению технической документации, оптимизации при многовариантном проектировании, дополнительно знакомится с нормами проектирования, научной и технической литературой, изобретениями и патентами.

Проект следует выполнить на основании задания, которое составляется по данным реальных условий сооружения ГВ, собранных студентом на производственной практике, и утвержденного руководителем проекта.

В задании указываются: название шахты, горизонта, выработки, приводится выкопировка из плана горных работ, все данные об ориентации ГВ в пространстве и ГГУ (прочностные и деформационные свойства горных пород (ГП)), реальный паспорт крепления, разработанный на производстве; сведения об устойчивости ГВ и наблюдаемых деформациях установленной крепи; влияние очистных работ и смежных ГВ; технологии и технико-экономических показателей крепления ГВ (трудоемкость крепления, стоимость материалов, рабочей силы, эксплуатации машин и пр.).

К выполнению проекта допускаются студенты, собравшие полный объем исходных данных по проектируемой выработке. Оценка за курсовую работу выставляется по бальной системе в соответствии с полнотой и качеством выполнения разделов (табл.1)

Таблица 1 Оценка выполнения курсового проекта

Элементы курсового проекта	Сумма зачетных баллов	Срок подготовки (нед)
Пояснительная записка к проекту	24-40	I-IV
Графическая часть проекта	24-40	V
Защита проекта	12-20	VI
ИТОГО	60-100	

Курсовой проект должен быть выполнен в утвержденный и согласованный с руководителем срок в соответствии с заданием на проектирование и календарным планом (табл. 2).

Таблица 2 –Содержание и объем выполнения курсовой работы

Наименование раздела	Объем, сроки		
	Стр.	Рис	час
Аннотация (на укр. и иностр. языках)	1	0	0,5
Введение	1	0	0,5

1.Подготовка исходных данных для проектирования	1	0	0,5
2.Определение свойств пород и полярных диаграмм прочности	1	1-3	1
3.Построение паспорта прочности пород на контуре выработки	1	1-3	1
4.Расчет напряжений на контуре выработки	2	1	1
5. Расчет паспорта устойчивости ГВ для двух случаев напряжённого состояния массива	1	1-2	1
6.Оценка устойчивости пород на контуре выработки	1	1-2	1
7.Определение параметров вывалообразования, сводов и зон неупругих деформаций	1-2	2	2
5.Выбор деформационно-силовой характеристики крепи	1	0	0,5
6.Определение давления на крепь или смещений пород по СНиП или по методу ДонУГИ	2	2-3	2
7.Выбор и обоснование методов управления устойчивостью выработки	1	1	1
8.НИРС и новые решения в проекте	2-3	1-2	2
<b>ВЫВОДЫ</b>	1	12	1
<b>ВСЕГО</b>	12-15	10-15	10-15

Консультации руководителя проекта – дополнительная помощь студенту. Студент должен тщательно готовиться к консультациям, чтобы проверить и согласовать инженерные решения, принятые им самостоятельно. За правильность проекта ответственность возлагается на студента – автора курсового проектирования.

## 1.СОДЕРЖАНИЕ ПРОЕКТА

1.1.Объектами для проектирования крепи могут быть камеры, горизонтальные, наклонные и вертикальные ГВ.

1.2.При выполнении проекта принять, что капитальную ГВ сооружают в нетронутом массиве ГП вне зоны краевых эффектов от целиков.

Для подготовительных ГВ в зоне вредного влияния очистных работ вертикальную компоненту  $\sigma_y$  напряженного состояния массива определить по формуле:

$$\sigma_y = \gamma H (1+L/x)^{0.5}$$

где  $\gamma H$  – вес вышележащей толщи пород, МПа;

$L$  – параметр поведения основной кровли во влияющей лаве, м

$$L = l_{пл} + l_{ок} + l_{шо} + a_y$$

$l_{пл}$  – ширина призабойного пространства лавы,  $l_{пл}=2-4$  м;

$l_{ок}$  – длина остаточной (после обрушения) консоли основной кровли,  $l_{ок}=1-5$  м;

$l_{шо}$  – длина шага обрушения основной кровли в лаве,  $l_{шо}=10-25$  м;

$a_y$  – ширина раздавленной зоны угля в забое лавы,  $a_y=(2-4)m$ ,

$m$  – мощность пласта угля, м.

$X$  – расстояние по нормали от забоя лавы до выработки, м.

1.3. Курсовой проект состоит из расчётно-пояснительной записки и 1 листа чертежей. Студент может выполнять курсовой проект по особому заданию, связанному с исследовательской работой или по заданию производственной организации (шахты).

1.4. Аннотация представляет собой краткое изложение сути курсового проекта с указанием ключевых слов. Она дается в начале записки на украинском и иностранном языках.

1.5. Во введении сведут конкретизировать задание, кратко упомянуть об особенностях проекта, связать задание с технико-экономическими задачами отрасли, региона.

1.6. В первом разделе (табл.1) дать анализ ГГУ сооружения ГВ, рассмотреть возможные варианты формы и размеров ГВ, проверить ее сечение в свету исходя из условий транспорта и вентиляции.

При оценке ГГУ руководствоваться следующими ориентировочными значениями механических свойств ГП (табл. 3).

Графическая часть этого раздела должна включать чертеж поперечного сечения ГВ в период эксплуатации в масштабе 1:25.

**Таблица 3 – Диапазоны изменения механических свойств ГП**

Наименование показателя	Обозначение	Тип породы		
		Арги-т	Алевр-т	Песч-к
1.Прочность на сжатие, МПа	$\sigma_C^\perp$	20-40	30-70	50-90
2.Угол внутреннего трения, град	$\rho$	18-22	23-27	28-32
3.Модуль деформации, МПа*10 <sup>(-3)</sup>	<b>E</b>	5-15	10-30	20-50
4.Коэффициенты, x10:				
• Пуассона	<b>v</b>	2-4	1.5-3	1-2.5
• снижения прочности во времени	<b>k<sub>t</sub></b>	5-7	6-8	7-9
• размокаемости пород	<b>k<sub>w</sub></b>	2-7	4-8	6-10
• структурного ослабления пород	<b>k<sub>C</sub></b>	5-9	4-8	3-10
5.Соотношение прочностей, x10				
на сжатие <sup>  </sup> и <sup>⊥</sup> напластованию	$\sigma_C^{\parallel}/\sigma_C^\perp$	4-6	6-8	8-10
на растяжение и сжатие	$\sigma_P^{\parallel}/\sigma_C^\perp$	0.6-1	1-1.5	1.5-2

## 2. ПАСПОРТ УСТОЙЧИВОСТИ КОНТУРА

На основании исходных данных (свойства пересекаемых пород по контуру ГВ и геометрические размеры ее сечения) следует рассчитать паспорт устойчивости выработки, который представляет собой наложение эпюр прочности и напряженного состояния ГП на контуре ГВ или эпюру локального нормированного критерия разрушения (ЛНКР)

Эпюру напряжений на контуре ГВ следует строить на развертке контура выработки для двух предельных значений коэффициента бокового распора: упругого и гидростатического. Направление максимальных исходных напряжений в нетронутом массиве ГП для ГВ, пройденных по простиранию, принять по нормали к напластованию пород.

Построение эпюры прочности производить по данным лабораторных испытаний пород или с использованием аналитических формул в соответствии с методиками /1 3/.

Дать анализ паспорта устойчивости и определить характер и развитие разрушения пород вокруг выработки в зависимости от наибольшей разности главных напряжений. Построить в масштабе предполагаемые области разрушения пород от напряжений различных знаков. Определить особенности потери устойчивости пород и категорию устойчивости ГВ. Обосновать выбор типа и режима работы крепи. Ориентироваться на применение самых прогрессивных и эф-

фективных конструкций крепи (анкерная, набрызг-бетонная, породонесущая, комбинированная, регулируемого сопротивления, высокопрочные материалы и др.).

Графическая часть к разделу состоит из рисунков:

- схема определения напряжений на контуре выработки,
- паспорт устойчивости контура выработки,
- характер разрушения пород на контуре ГВ

### 3. РАСЧЕТ ПРОЯВЛЕНИЙ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ (ПГД) В ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ (ГВ)

При расчете ПГД и определении нагрузки на крепь использовать расчетные методы / 4 / или рекомендации нормативного документа / 5 /. Рассмотреть возможность снижения нагрузки на крепь за счет управления напряженным состоянием и прочностью пород массива. На основании анализа взаимодействия крепи и массива окончательно принять величины нагрузок и необходимые исходные данные для расчета крепи.

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ по данному разделу может включать:

- габариты и размеры выработки с выбранной крепью,
- расчетная схема крепи с указанием: ПГД в масштабе 1:50 (вывалы, своды естественного равновесия, зоны неупругих деформаций), эпюры расчетных нагрузок и смещений по контуру ГВ.

### 4.МНОГОВАРИАНТНЫЙ ВЫБОР ТИПА КРЕПИ

Варианты крепи и ее элементы следует выбирать, уточнив режим работы крепи, сочленение ее элементов, их форму, расположение и особенности взаимодействия. Необходимо обратить внимание на рассмотрение возможных технических решений, в результате чего свести все их многообразие к двум - трём конкурирующим вариантам.

В этом разделе использовать новые технические разработки, обосновав их преимущества и указав недостатки.

Графическая часть раздела состоит из расчетных схем, поясняющих решение задачи по определению расчетных параметров для конкретного задания.

### 8.НИРС И НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В ПРОЕКТЕ

В проекте должны быть применены новые прогрессивные технические решения, приемлемые для заданных ГГУ. Эти технические разработки должны быть обоснованы с позиций целесообразности, возможности и эффективности применения. Каждое из таких проектных решений должно сопровождаться критическим анализом, указанием достоинств и недостатков, путей дальнейшего совершенствования, привязкой технических параметров к конкретным ГГУ и указанием всех необходимых для применения размеров и конструктивных особенностей.

Наиболее высоко оцениваются собственные творческие разработки студентов при их соответствующем обосновании и оформлении.

В конце этого раздела дать перечень всех новых патентов, рационализаторских предложений и разработок, примененных в проекте и указать их технико-экономическую эффективность, а также другие достигаемые преимущества (повышение надежности, безопасности работ, улучшение охраны труда и пр.).

## 9.ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

9.1.Курсовой проект должен представлять собой тщательно и грамотно оформленный технический документ, включающий пояснительную записку и чертежи, выполненные к указанному заданием сроку. Если студент не уложился в установленный срок выполнения проекта без уважительных причин, ему выдается дополнительное задание или старое задание аннулируется и заменяется новым.

9.2.Приступая к работе над проектом, студент должен внимательно изучить выданное ему задание и основные нормативные требования, ознакомиться с рекомендованной литературой, сформулировать требования к крепи, вытекающие из назначения и срока службы выработки.

При этом рекомендуется выписать все необходимые данные и сведения, необходимые для выполнения проекта. Эти выписки в дальнейшем будут служить основой для составления пояснительной записки.

9.3.В пояснительной записке следует приводить расчетные обоснования принятых в проекте технических решений, а также краткие исчерпывающие пояснения к расчетам и чертежам.

Записка выполняется в рукописном виде на писчей бумаге стандартного формата 297 x 210 мм и брошюруется. Титульный лист оформляется по образцу, который хранится на кафедре. На первой странице записки дается задание с исходными данными, на второй оглавление разде-



лов, а далее текст записки. В пояснительной записке не допускается переписывание общих положений из литературных источников, применение местных терминов и произвольных сокращений слов.

9.4. Чертежи и эскизы, помещенные в пояснительную записку, следует выполнять на миллиметровой бумаге с указанием масштаба и сопровождать соответствующими объяснениями.

Формулы и числовые выражения должны сопровождаться ссылками на первоисточник, обозначениями букв и размерностью величин согласно ГОСТ.

9.5. В конце пояснительной записки следует привести список использованных литературных источников, на которые в тексте обязательно должны быть ссылки в виде цифр (номер по списку литературы) в квадратных скобках. Список литературы оформляется по ГОСТу. Объем записки не должен превышать 30-40 страниц текста.

10.1. Графическая часть проекта должна содержать ПАСПОРТ УСТОЙЧИВОСТИ горной выработки и выполняться с соблюдением всех норм технического проектирования.

Чертеж выполнить на одном листе чертежной бумаги размером 594 x 420 (A2). Он должен быть вполне законченным документом, выполненным в соответствии с единой системой конструкторской документации (ЕСКД). Лист должен иметь рамку, линия которой с трех сторон отстоит от краев на 5 мм, а с левой стороны 20 мм (для возможности брошюровки чертежей в альбом). В правом нижнем углу чертежа, вплотную к рамке, помещается штамп.

10.3. Расположение проекций на листе может быть различным. Однако рекомендуется чертежи располагать в такой последовательности, в которой выполняется курсовой проект, размещая в левой верхней части листа поперечное сечение выработки с продольным разрезом. Не следует размещать отдельные проекции далеко друг от друга, оставляя на листе незаполненные места. Нормальным считается отступ чертежа от наружной рамки 35-45 мм, а расстояние между проекциями внутри листа 30-40 мм.

Вычерчивание начинается с размещения на листе габаритных прямоугольников всех проекций. Затем вычерчиваются основные осевые линии в местах, установленных при размещении габаритных прямоугольников, далее производится построение основных контуров, после чего контурные чертежи детализируются.

Вычерчивание планов и разрезов производится с обязательной параллельной увязкой и согласованием этих чертежей друг с другом. На этом этапе проектирования на чертежах нано-

сятся все требующиеся размеры и пояснительные подписи. При этом окончательно уточняются все вопросы выбора конструктивных узлов и деталей конструкции крепи.

10.4.Чертежи выполнять в таком количестве (со всеми необходимыми подписями и размерами), чтобы они давали полное представление о выполненных разработках. Все размеры указывать в миллиметрах, подписи выполнять стандартным чертежным шрифтом. При оформлении проекта следует обратить внимание на соразмерность главных и второстепенных надписей, общая надпись (название проекта) делается в угловом штампе.

## 10.ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

10.2.В графической части проекта должны найти отражение:

- поперечное сечение готовой ГВ в М 1:25 (с указанием всего оборудования, рельсового пути, водоотливной канавки, трубопроводов, кабелей и т.д.);
- при необходимости - продольные разрезы, вертикальный и горизонтальный, (М 1:50);
- Эпюры прочности на растяжение и сжатие на контуре выработки
- эпюра напряжений ЛНКР  $\omega$  на контуре ГВ с указанием пород и их показателей механических свойств (М 1:50);
- эпюра ЛНКР  $\omega$  на контуре ГВ с указанием пород и их показателей механических свойств (М 1:50);
- схема ПГД с указанием формы и размеров зон неупругих деформаций М 1:50 (разрешается поместить в пояснительной записке);

## ЛИТЕРАТУРА

1.Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей. М.: Недра, 1984. 415 с.

2.Литвинский Г.Г. Инструкция и методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине "Конструкция и расчёт крепи". - Коммунарск: Ротапринт КГМИ.-1992 24 с.

3.Литвинский Г.Г. Методические указания по изучению курса "Механика подземных сооружений" Модуль 3. Устойчивость породных обнажений ГВ. - Коммунарск: Ротапринт КГМИ, 1992. 36 с.

4. Литвинский Г.Г. Методические указания по изучению курса "Механика подземных сооружений" Модуль 4. Взаимодействие крепи с массивом ГП. - Коммунарск: Ротапринт КГМИ, 1992. 40 с.

5. СНиП-II-94-80. Подземные горные выработки. М.: Стройиздат, 1982. 31 с.

6. Литвинский Г.Г. и др. Расчёт крепи горных выработок на ЭВМ. Алчевск: ДонГТУ, 2011. 174 с.

#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ПГД – проявления горного давления;

ГВ – горная выработка;

СЕР – свод естественного равновесия;

ГГУ – горно-геологические условия;

ГТУ – горнотехнические условия;

ГП – горные породы

МПС и КК – механика подземных сооружений и конструкции крепи;

ЛНКР локальный нормированный критерий разрушения;