

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА «СТРОИТЕЛЬСТВО ЗДАНИЙ, ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ГЕОМЕХАНИКА»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к самостоятельной работе студентов по дисциплине
базовой части профессионального цикла учебного плана
«Специальные способы строительства выработок»

для студентов уровня профессионального образования
«специалист» по специальности 21.05.04 «Горное дело»
специализации «Шахтное и подземное строительство»
всех форм обучения

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры строительства
зданий, подземных сооружений и
геомеханики
Протокол № 1 от 30.08.2017

УТВЕРЖДЕНО
на заседании Учебно-издательского
совета ДОННТУ
протокол №6 от 19.10.2017

Донецк
2017

УДК 622.27(076)

ББК 33.15я7

М54

Рецензенты:

Петренко Юрий Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых;

Шкуматов Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики.

Составители:

Борщевский Сергей Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики;

Пшеничный Юрий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики.

М54 **Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине базовой части профессионального цикла учебного плана «Специальные способы строительства выработок» [Электронный ресурс] : для студентов уровня профессионального образования «специалист» специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Шахтное и подземное строительство» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. строительства зданий, подземных сооружений и геомеханики; сост. С. В. Борщевский, Ю. А. Пшеничный. – Электрон. дан. (1 файл: 985 Кб). – Донецк: ДОННТУ, 2017. – Систем. требования: Acrobat Reader.**

В методических указаниях приведены общие направления по изучению дисциплины и рекомендации по работе над учебной литературой. Раскрываются содержания тем, приводятся контрольные вопросы. Излагается алгоритм выполнения расчётов по домашней контрольной работе студентов заочной формы обучения. Методические указания могут быть полезны также студентам очной формы обучения, изучающим дисциплину по индивидуальному графику со свободным посещением аудиторных занятий.

УДК 622.27(076)

ББК 33.15я7

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина "Специальные способы строительства выработок" студентами очной формы обучения изучается в 10-м семестре, заочной формы обучения - в 11-м. Для последних методика самостоятельного изучения дисциплины и наиболее сложные для усвоения темы излагаются преподавателем на лекциях и практических занятиях в период установочной сессии.

В процессе изучения дисциплины студент выполняет контрольную работу по расчёту способа искусственного замораживания водоносных горных пород. Исходные данные для работы приведены в настоящих методических указаниях и выдаются преподавателем.

К экзамену по дисциплине в период экзаменационной сессии допускаются те студенты, которые не имеют невыполненных заданий преподавателя, ведущего практические занятия (очная форма обучения), и своевременно представили правильно выполненную контрольную работу (заочная форма).

При изучении материала курса по темам рекомендуется составлять конспект, а после проработки каждой темы отвечать на контрольные вопросы. Эти ответы желательно иллюстрировать отдельными эскизами, рисунками, формулами. Такой порядок позволит быстро представить себе сущность изучаемого материала и хорошо усвоить его содержание.

В общем плане подготовки горных инженеров-строителей данная дисциплина занимает одно из ведущих мест, так как даёт студенту сумму знаний непосредственно по его будущей специальности.

В результате изучения дисциплины студенты должны усвоить и знать:

- горно- и гидро-геологические условия, требующие обязательного применения специальных мероприятий по водоподавлению или повышению устойчивости боковых пород;
- сущность, целесообразную область применения каждого из специальных способов строительства горных выработок;
- общие закономерности выбора того или иного специального мероприятия для решения конкретных инженерных задач по сооружению горных выработок в сложных условиях;
- методику и алгоритм выполнения расчётов по проектированию сооружения горных выработок в сложных условиях;
- технологию выполнения каждого из специальных способов применительно к различным вариантам;
- оборудование, необходимое для производства специальных работ, а также аналогичное для возможной замены;
- методику контроля качества выполняемых работ по сооружению горных выработок в сложных горно-геологических условиях;
- организацию специальных и горно-строительных работ на объектах подземного строительства;
- основные меры безопасности, строительные нормы и мероприятия, обеспечивающие безаварийное ведение работ.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.

Подлежащий изучению теоретический материал дисциплины "Специальные способы строительства выработок" органично слагают следующие темы:

- Тема 1. Введение. Общие положения. Классификация специальных способов.
- Тема 2. Строительство вертикальных горных выработок при помощи шпунтовых ограждений.
- Тема 3. Строительство вертикальных горных выработок способом "стена в грунте".
- Тема 4. Строительство подземных сооружений способом струйной цементации.
- Тема 5. Строительство вертикальных горных выработок при помощи опускной крепи.
- Тема 6. Строительство горных выработок под сжатым воздухом (кессонный способ).
- Тема 7. Строительство горных выработок с использованием водопонижения.
- Тема 8. Строительство горных выработок с использованием замораживания горных пород; в том числе:
 - 8.1. Научно-технические основы способа замораживания горных пород.
 - 8.2. Теоретический расчёт процесса замораживания горных пород.
 - 8.3. Создание лёдопородных ограждений.
 - 8.4. Технология строительства вертикальных стволов с применением способа замораживания пород.
 - 8.5. Строительство горизонтальных и наклонных горных выработок с применением замораживания пород.
- Тема 9. Строительство горных выработок с использованием тампонирувания горных пород; в том числе:
 - 9.1. Основные сведения о способе тампонирувания.
 - 9.2. Исходные данные для проектирования процесса тампонажа.
 - 9.3. Проектирование тампонажных работ.
 - 9.4. Растворы и оборудование для тампонирувания.
 - 9.5. Производство тампонажных работ при строительстве вертикальных стволов.
 - 9.6. Производство тампонажных работ при строительстве горизонтальных и наклонных выработок.
- Тема 10. Строительство стволов и скважин большого диаметра с использованием способа бурения.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.

Тема 1. ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ.

В этой теме нужно ознакомиться с содержанием курса, его задачами и связями со смежными дисциплинами, основными этапами развития техники и технологии сооружения горных выработок в сложных условиях. Место специальных способов строительства в развитии горнодобывающей отрасли промышленности. Их задачи. Объективные факторы, вызывающие необходимость применения специальных мероприятий. Требования СНиПа об обязательном применении спецспособов при проходке вертикальных стволов, допустимые остаточные водопритоки в сооружённый ствол. Категории горных пород, пересекаемых вертикальной выработкой. Плывун: его структура, свойства.

Категории подземных вод в зависимости от их агрегатного состояния и взаимосвязи с породой. Классификация специальных способов строительства горных выработок.

/ 1, с.3-4; 2, с.3-5; установочная лекция /

Контрольные вопросы

1. Место специальных способов в шахтном строительстве.
2. Предмет изучения курса.
3. Главные задачи специальных способов строительства.
4. Начиная с какой величины ожидаемого водопритока обязательно применение специальных мероприятий по водоподавлению.
5. Максимально допустимые остаточные притоки воды в шахтный ствол при сдаче его в эксплуатацию.
6. Водоносные породы и водоупоры.
7. Классификация подземных вод.
8. Плывун: его структура, свойства.
9. Классификация специальных способов.

Тема 2. СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПОМОЩИ ШПУНТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ.

Сущность способа. Конструкция деревянных и металлических шпунтовых ограждений. Их характеристика. Средства для погружения шпунтов. Основные критерии выбора шпунтового ограждения и средств забивки. Производство работ по погружению шпунтов, выемке породы и возведению постоянной крепи. Рекомендуемая область применения способа.

/ 1, с.5-13 /

Контрольные вопросы.

1. Функции шпунтового ограждения во время выемки породы.
2. Виды деревянной забивной крепи. Её достоинства и недостатки.
3. Типы металлических шпунтов. Их достоинства и недостатки.
4. Показатель экономичности металлического шпунта.
5. Погружение шпунтов с гидроподмывом.
6. Средства для погружения шпунтов.
7. Порядок погружения шпунтов замкнутого и разомкнутого контуров.
8. Определение размеров устья ствола, из которого производится погружение шпунтов.
9. Методы укрепления шпунтового ограждения при его обнажении во время выемки породы.
10. Способы выемки породы внутри шпунтового ограждения.

Тема 3. СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК СПОСОБОМ "СТЕНА В ГРУНТЕ".

Сущность способа. Область применения. Конструкции ограждений. Последовательность разработки заходок. Траншеекопательное оборудование. Буровые методы устройства траншей. Глины и оборудование для приготовления глинистого раствора. Технология производства работ способом "стена в грунте".

/ 1, с.27-45 /

Контрольные вопросы.

1. Чем регламентирована область применения способа по глубине ?
2. Виды конструкций железобетонных ограждений.
3. Виды траншеекопательного оборудования.
4. Назначение форшахты траншеи.
5. Направление укладки бетонной смеси в траншею.
6. Что такое лидернонаправляющая труба ?
7. Требования к применяемому глинистому раствору.
8. Из чего состоит глинохозяство на площадке ?
9. Способы выемки породы и укрепления обнажающихся стен.
10. Основные достоинства и недостатки способа.

Тема 4. СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ СПОСОБОМ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ

Сущность способа. Область применения. История возникновения технологии. Эффективность способа в сравнении с другими ограждающими методами. Разновидности струйной цементации. Оборудование для бурения скважин и создания грунтоцементного ограждения. Требования к материалам для осуществления способа. Технология производства работ способом струйной цементации. Опыт применения. Достоинства и недостатки. / 8, с.3-33 /

Контрольные вопросы.

1. Какие страны являются разработчиками способа ?
2. Регионы и отрасли применения способа на территории СНГ.
3. Основные отличия между видами струйной цементации.
4. Величины давления подачи раствора при осуществлении способа.
5. На какую глубину возможно выполнении работ ?
6. Перечень основного оборудования для струйной цементации.
7. Направление перемещения оборудования в скважине при создании грунтоцементной колонны.
8. Виды армирования грунтоцементных колонн.
9. Достоинства и недостатки способа.

Тема 5. СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПОМОЩИ ОПУСКНОЙ КРЕПИ.

Сущность способа. Область применения. Конструкции опускных крепей и их расчёт. Производство работ при сооружении ствола. Условия опускания крепи. Опускные крепи с уменьшенным действием сил трения. Достоинства и недостатки способа. Техничко-экономические показатели.

/ 1, с.13-27 /

Контрольные вопросы.

1. Материалы, из которых могут быть изготовлены стены опускной крепи.
2. Порядок расчёта опускания крепи.
3. Силы, способствующие и препятствующие опусканию крепи.
4. Способы уменьшения сил трения между стенами опускной крепи и горными породами.
5. Основные свойства тиксотропных растворов.
6. Мероприятия по устранению перекосов при опускании крепи.
7. Опускная крепь с принудительным задавливанием.
8. Откачивается ли вода внутри опускной крепи при выемке породы ?
9. Достоинства и недостатки способа.

Тема 6. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПОД СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ (КЕССОННЫЙ СПОСОБ).

Сущность способа. Область применения. Обычное и специальное оборудование для осуществления способа, его выбор. Технологические схемы производства работ при сооружении вертикальных стволов и их оценка. Производство работ по выемке породы и возведению постоянной крепи. Строительство горизонтальных горных выработок под сжатым воздухом.

Правила безопасности и нормы промышленной санитарии при работе под сжатым воздухом. Достоинства и недостатки способа.

/ 1, с.77-87 /

Контрольные вопросы.

1. Какова максимальная мощность пересекаемых кессоном водоносных горных пород ?
2. За счёт чего осушаются породы в рабочей камере ?
3. Виды шлюзового оборудования.
4. Порядок расчёта расхода сжатого воздуха для рабочей камеры.
5. Как влияет избыточное давление воздуха в рабочей камере на опускание крепи ?
6. Утечки сжатого воздуха и пути их устранения.
7. Условие опускания крепи.
8. Какое влияние оказывает на организм человека длительное нахождение в зоне повышенного давления ?
9. Как лечить кессонную болезнь ?
10. Реальное применение способа в наши дни.

Тема 7. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОПОНИЖЕНИЯ.

Сущность способа. Условия применения. Мелкое и глубокое водопонижение. Виды скважин для водопонижения. Схемы понижения уровня подземных вод. Оборудование для водопонижения: буровое, фильтры, насосы. Конструкция водопонижающих, водопоглощающих скважин, сквозных фильтров.

Конструкция фильтров, требования к ним, условия применения. Артезианские и погружные насосы. Порядок производства работ по водопонижению и сооружению горной выработки. Обработка скважин с целью увеличения дебита. Достоинства и недостатки.

/ 1, с.46-76, 2, с.358-367 /

Контрольные вопросы.

1. Качественное изменение физических свойств осушенных пород.
2. В каких горных породах целесообразно применять способ водопонижения ?
3. Глубина откачки воды артезианскими и погружными насосами.
4. Назначение сквозного фильтра.
5. Чем опасна откачка на поверхность земли неочищенной воды ?
6. Способы очистки фильтров.
7. Меры по пересечению неосушенных пород на контакте с водоупорами.
8. Нужна ли непрерывность в откачке воды из водопонижающих скважин?

9. Судьба водопонижающих скважин после сооружения горной выработки.
10. Преимущества и недостатки способа.

Тема 8. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.

Сущность способа. Область применения. Основы теории механики мёрзлых грунтов. Основные свойства замороженных пород. Принцип получения холода и работа замораживающей станции. Оборудование станции: компрессоры, конденсаторы, испарители и вспомогательная аппаратура. Бурение замораживающих скважин, требования к ним. Буровое оборудование и его выбор. Оборудование скважин замораживающими колонками, контроль при их монтаже. Рассольная сеть и её прокладка. Порядок расчёта толщины лёдопородных ограждений и параметров работы замораживающей станции. Выбор рационального режима замораживания. Методы контроля при замораживании пород. Приборы и аппаратура, применяемые при контроле. Особые случаи замораживания: фильтрующих горных пород, высокотермальных вод, естественных рассолов. Замораживание пород жидкими и твёрдыми хладагентами.

Строительство вертикальных стволов с применением способа замораживания пород. Технологические схемы, условия их применения. Схемы расположения замораживающих скважин. Горнопроходческие работы и их особенности при выемке породы и возведению постоянной крепи. Гидроизоляция крепи. Оттаивание замороженных пород и контроль за ним. Ликвидация замораживающих скважин. Технично-экономические показатели. Правила безопасности при производстве работ.

Строительство горизонтальных и наклонных горных выработок с применением способа замораживания пород. Технологические схемы, условия их применения. Особенности работ при бурении наклонных и горизонтальных скважин, их обсадке, при выемке породы и возведении постоянной крепи.

/ 1, с.88-190, 2, с.318-338 /

Контрольные вопросы.

1. При какой скорости фильтрации подземных вод замораживание может оказаться неэффективным ?
2. В каком соотношении находятся температура испарения хладагента и температура замерзания хладоносителя ?
3. Применяемые хладагенты и их краткая характеристика.
4. Основные этапы работ по сооружению горной выработки способом искусственного замораживания горных пород.
5. Анизотропия свойств замороженных пород.
6. Методы определения толщины лёдопородного ограждения.
7. Состав оборудования одноступенчатой аммиачной замораживающей

станции.

8. Причины отклонения скважин от вертикали при бурении.
9. Как точно определить профиль скважины ?
10. Какой из способов бурения обеспечивает наименьшее искривление скважины ?
11. Должна ли замораживающая колонка быть герметичной ?
12. К чему приводит контакт рассола с замороженными породами ?
13. Схемы подключения замораживающих колонок к магистральным рассолопроводам.
14. Режимы работы замораживающей станции.
15. Скорость нарастания лёдопородного ограждения вокруг колонки.
16. Виды контроля за процессом замораживания.
17. Назначение термонаблюдательных и гидронаблюдательных скважин. Их конструкция.
18. Виды ограничителей распространения холода при зональной схеме замораживания.
19. Какие ограничения накладываются на буровзрывные работы по замороженным породам ?
20. Требования к постоянной крепи в зоне замороженных пород.
21. Обеспечение условий для твердения бетонной смеси в зоне отрицательных температур.
22. Что и как герметизируется при гидроизоляции постоянной крепи ?
23. Чем опасно естественное оттаивание замороженных пород ?
24. В чём заключается ликвидация замораживающих скважин ?
25. Каскадный способ замораживания фильтрующих горных пород.
26. Схема подключения колонок при замораживании горных пород жидким азотом.
27. Температура испарения основных хладагентов.
28. Наиболее распространённый хладоноситель и его краткая характеристика.
29. Максимальная длина горизонтальной замораживающей скважины.
30. Достоинства и недостатки способа замораживания горных пород.

Тема 9. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТАМПОНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД.

Сущность способа. Цель и назначение тампонирувания. Тампонажные материалы и требования к ним. Основные свойства растворов. Цементационные растворы простые и сложные; активные добавки и инертные наполнители. Глиноцементные растворы и их особенности. Тампонажные растворы из глин, битумов, силикатов, смол. Выбор тампонажных растворов и условия их применения. Сбор исходных данных для проектирования процесса тампонажа. Порядок расчёта предварительной цементации с поверхности земли, из забоя вертикального ствола, по комплексному методу тампонажа. Основные

требования к тампонажному оборудованию. Его выбор и условия применения. Тампонажные комплексы.

Строительство вертикальных стволов с применением способа тампонирования. Технологические схемы. Их характеристика и условия применения. Пакер, его назначение и устройство. Тампонажные подушки, их формы и размеры. Технология их возведения. Схемы расположения тампонажных скважин. Технология их бурения, технология приготовления и нагнетания тампонажного раствора. Оценка качества выполненных тампонажных работ. Последующий тампонаж: назначение, осуществление.

Строительство горизонтальных и наклонных горных выработок с применением способа тампонирования. Технологические схемы. Их характеристика и условия применения. Буровые работы и оборудование скважин. Нагнетание раствора и контроль за процессом. Особенности горнопроходческих работ. Расход материалов. Технично-экономические показатели.

/ 1, с.191-265, 2, с.340-357 /

Контрольные вопросы.

1. В каких породах тампонирование будет эффективным ?
2. Назовите материалы для приготовления тампонажных растворов.
3. Предварительный и последующий тампонаж.
4. Область применения цементации.
5. Влияние водоцементного отношения на стабильность цементного раствора.
6. Недостатки битумизации.
7. Виды силикатизации.
8. Комплексный метод тампонажа обводнённых горных пород.
9. Назовите основные характеристики, необходимые для расчёта тампонирования.
10. Методы сбора исходных данных для тампонажа.
11. Закономерности трещиноватых горных пород.
12. Удельное водопоглощение горных пород.
13. Категории пород по водопроницаемости в зависимости от величины удельного водопоглощения.
14. Основные цели тампонирования.
15. Основные требования к тампонажным растворам.
16. Основные свойства и характеристики тампонажных материалов.
17. Реологические свойства тампонажных растворов.
18. Изменяются ли свойства тампонажных растворов, если улучшить одно из них ?
19. На какой стадии добавляется жидкое стекло при приготовлении глиноцементного тампонажного раствора ?
20. Каким должно быть давление нагнетания тампонажного раствора ?
21. Что является критерием прекращения нагнетания тампонажного раствора в скважину ?

22. Какие бывают конструкции пакеров ?
23. Достоинства и недостатки зажимной и циркуляционной схем нагнетания раствора в скважину.
24. Основные этапы работ по сооружению горной выработки при помощи тампонирования горных пород.
25. Каким должен быть профиль тампонажной скважины ?
26. Отличительные особенности тампонажа из забоя вертикального ствола.
27. Виды контроля при выполнении работ по тампонированию горных пород.
28. Критерии оценки качества выполненных тампонажных работ для традиционной цементации и для комплексного метода тампонажа.
29. Достоинства и недостатки технологических схем тампонажа при проведении горизонтальных и наклонных горных выработок.
30. Длина тампонажной заходки при проведении горизонтальной горной выработки.

Тема 10. СТРОИТЕЛЬСТВО СТВОЛОВ И СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПОСОБА БУРЕНИЯ.

Сущность способа бурения стволов и скважин большого диаметра. Объёмы работ. Классификация буровых установок, область их применения. Технология выполнения работ при бурении стволов роторными установками сплошного бурения, установками реактивно-турбинного бурения, установками колонкового бурения. Состав комплекса бурового оборудования. Режимы бурения. Осевая нагрузка и скорости бурения. Измерение и исправление кривизны ствола.

Промывка при бурении, её функции. Промывочная жидкость и требования к ней. Схемы промывки. Приготовление и очистка промывочной жидкости. Специфические особенности возведения постоянной крепи. Требования и материал изготовления крепи. Технологические схемы крепления стволов, сооружённых бурением. Тампонаж закрепного пространства, откачка промывочной жидкости.

Общие технико-экономические показатели при бурении стволов и скважин. Пути совершенствования способа.

/ 1, с.266-310, 3, с.3-280 /

Контрольные вопросы.

1. Проблемы, стоящие в настоящее время перед дальнейшим развитием способа бурения стволов и скважин большого диаметра.
2. К какому типу относятся буровые установки УЗТМ ?
3. Сколько стадий бурения предусмотрено в установке УЗТМ-8,75 ?
4. Назначение передовой скважины.
5. Принцип работы буровых установок типа РТБ.
6. Что из себя представляет турбобур ?

7. Преимущества и недостатки буровых установок типа УКБ.
8. Которая из схем промывки буримого ствола обеспечивает наивысшую скорость восходящего потока ?
9. Когда можно в качестве промывочного раствора использовать воду?
10. Какие нагрузки должна воспринимать крепь стволов, сооружённых бурением ?
11. Какая из технологий возведения постоянной крепи в пробуренных стволах обеспечивает ей лучшую герметичность ?
12. Чем производится откачка промывочной жидкости из уже сооружённых стволов ?

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ "РАСЧЁТ СПОСОБА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД"

Для заочной формы обучения на установочной сессии преподаватель выдаёт каждому студенту индивидуальное задание на выполнение контрольной работы. При этом он может руководствоваться следующим перечнем исходных данных (табл.1).

Общее условие: Клетевой ствол диаметром в свету ... м и с крепью толщиной ... м необходимо пройти по следующим породам:

- наносы мощностью ... м с содержанием воды ... % ;
- суглинки мощностью ... м с содержанием воды ... % ;
- песчаник мощностью ... м с содержанием воды ... % ;
- глина мощностью ... м с содержанием воды ... % ;
- плавун мощностью ... м с содержанием воды ... % .

Ниже этих неустойчивых водонасыщенных пород залегает водоупор заданной мощности. Предлагается участок ствола в водонасыщенных породах пройти с применением способа искусственного замораживания горных пород.

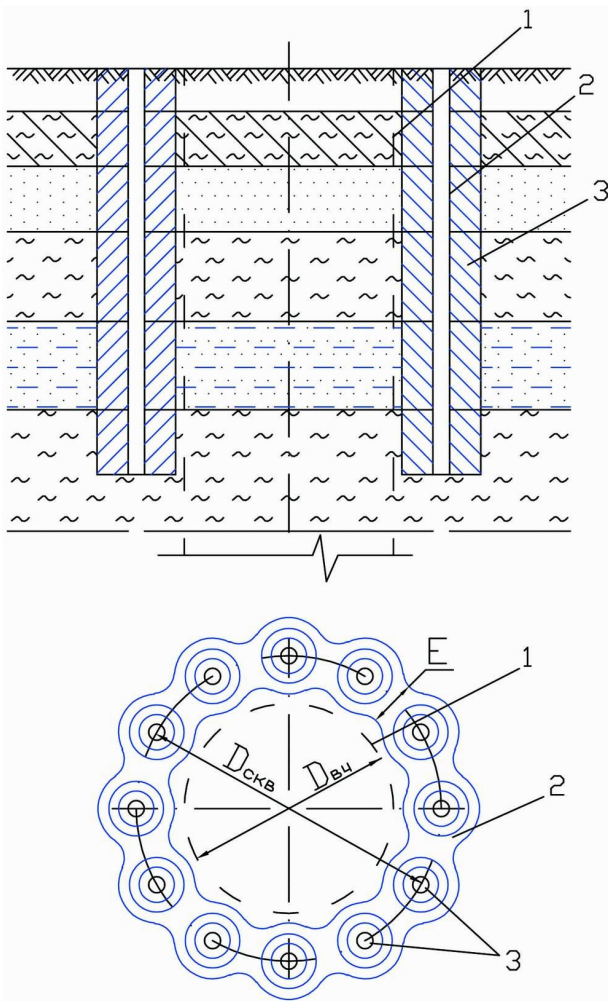
Необходимо определить: - толщину лёдопородного ограждения ;
- производительность замораживающей станции;
- продолжительность замораживания.

Таблица 1.

Исходные данные для выполнения расчётов

Вариант	Ø ствола в свету, м	Толщина крепи, м	Пересекаемые породы					
			h_1/H_2O	h_2/H_2O	h_3/H_2O	h_4/H_2O	плавун h_5/H_2O	водоупор h_5/H_2O
1	8,0	0,3	10/5	12/10	15/15	10/5	40/50	15/0
2	6,0	0,25	5/5	15/15	10/10	8/5	30/45	10/0

Вариант	Ø ство-ла в свету, м	Толщина крепи, м	Пересекаемые породы					
			h_1/H_2O	h_2/H_2O	h_3/H_2O	h_4/H_2O	пльвун h_5/H_2O	водоупор h_5/H_2O
3	5,0	0,4	15/5	10/18	15/10	5/5	35/50	12/0
4	5,5	0,5	10/8	15/10	5/15	10/5	25/45	7/0
5	7,0	0,3	5/10	15/15	10/10	15/5	35/50	20/0
6	7,5	0,25	10/10	8/10	15/10	10/5	36/45	40/0
7	8,0	0,5	5/10	15/10	20/25	20/5	40/45	13/0
8	6,5	0,4	10/5	3/15	15/10	8/15	45/50	10/0
9	7,0	0,5	5/5	15/20	15/10	25/15	30/45	18/0
10	8,0	0,3	5/5	10/15	5/10	7/25	40/45	6/0
11	7,0	0,25	8/5	10/10	15/15	20/10	30/40	30/0
12	6,5	0,25	10/8	5/12	15/20	10/10	40/45	14/0
13	7,5	0,5	5/8	12/15	20/20	10/18	35/40	20/0
14	6,0	0,3	10/5	3/12	15/20	10/14	30/45	8/0
15	5,5	0,4	15/5	15/15	20/25	12/10	50/45	30/0
16	6,0	0,5	5/5	8/12	15/20	5/10	40/45	25/0
17	5,0	0,3	10/5	15/15	20/20	15/25	40/35	10/0
18	7,0	0,5	6/5	10/15	5/20	15/25	35/35	15/0
19	6,5	0,5	5/4	10/14	15/20	10/25	40/50	7/0
20	7,5	0,3	10/6	12/15	8/18	12/20	25/45	30/0
21	6,0	0,3	10/5	15/12	19/19	20/25	40/35	17/0
22	5,0	0,5	8/5	10/15	7/18	15/20	30/45	15/0
23	8,0	0,3	10/5	15/10	20/15	10/20	40/45	25/0
24	5,5	0,5	10/4	15/12	18/15	7/20	20/40	19/0
25	8,5	0,5	5/5	10/10	15/15	20/20	30/45	9/0



В начале контрольной работы студент приводит поясняющий его расчёты рисунок (рис.1), на котором в масштабе изображает контур будущего ствола и замораживающие колонки в геологическом разрезе заданных, горизонтально залегающих, пород. Затем выполняет необходимые расчёты, поясняя значение входящих в каждую формулу величин, и иллюстрируя их, если нужно, рисунками. Контрольная работа оформляется произвольно на листах бумаги размером 210*297 мм или в ученической тетради.

Рис. 1. Схема образования ледопородного ограждения.

- 1 – контур будущего ствола;
- 2 – замораживающие скважины;
- 3 – замороженные породы;
- Е – толщина ЛПО в замковой плоскости

Этап А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕДОПОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ.

1. Определяется глубина замораживающих скважин ($L_{скв}$) по формуле:

$$L_{скв} = \sum_{i=1}^n h_i + (6...10), \text{ м}$$

где

h_i – мощность i -го водоносного горизонта, м;

n – количество водоносных горизонтов;

(6...10) м – величина заглубления в водоупор.

2. Допускаемое отклонение скважин от вертикали (a) находится по формуле:

$$a = 0,5 + 0,002 \cdot L_{скв}, \text{ м}$$

3. Определяется величина максимальной нагрузки на ледопородное ограждение (P_{max}) по формуле:

$$P_{max} = P_z + P_{ст}, \text{ МПа,}$$

где

P_z – величина горного давления, МПа;

P_{zcm} – величина гидростатического давления, МПа.

Горное давление определяется по формуле Цимбаревича:

$$P_z = A_n \cdot \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i, \text{ МПа,}$$

где

γ_i – плотность (объемный вес) пород i -го слоя геологического разреза, кг/м³;

h_i – мощность i -го водоносного горизонта, м;

n – количество водоносных горизонтов;

A_n – коэффициент бокового распора слоя n .

P_z определяется для каждого водоносного пласта, и из всех значений выбирается максимальное. Из условия примера очевидно, что максимальное значение P_z будет наблюдаться в почве пlyingуна, для которого $A_5 = 0,559$.

$$P_{zcm} = \gamma_g \cdot h_g, \text{ МПа}$$

где $\gamma_g = 1 \text{ т/м}^3$ – объемный вес воды;

h_g – высота водяного столба, м.

Если между горизонтами нет гидравлической связи, то есть подземные воды не напорные (а это в условии специально не оговорено), то $h_g = h_5$ (пlyingуна), как наиболее мощного горизонта.

4. Толщина ледопородного ограждения (E) определяется следующим образом:

а) при суммарной мощности водоносных горизонтов до или = 80 м применяется формула Ляме-Гадолина:

$$E = R_{bc} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma_{сж}]}{[\sigma_{сж}] - 2 \cdot P_{\max}} - 1} \right), \text{ м}$$

где

R_{bc} – радиус ствола в черне, м;

$$R_{bc} = R_{cb} + d_{кр} = \frac{D_{cb}}{2} + d_{кр}, \text{ м}$$

где

R_{cb}, D_{cb} – соответственно радиус и диаметр ствола в свету, м;

$d_{кр}$ – толщина крепи, м.

$[\sigma_{сж}] = \frac{\sigma_{сж}}{n}$, МПа – допускаемое напряжение на сжатие замороженных пород;

$n = 2 \dots 3$ – коэффициент запаса прочности;

$\sigma_{сж} = 12,5$ МПа – средний предел прочности на сжатие замороженных пород;

б) при суммарной мощности водоносных горизонтов свыше 80 м применяется формула Домке:

$$E = R_{вч} \cdot \left[0,29 \frac{P_{max}}{\sigma_D} + 2,3 \cdot \left(\frac{P_{max}}{\sigma_D} \right)^2 \right], \text{ м}$$

где

σ_D - предел длительной прочности замороженных пород на сжатие. Эта величина определяется из таблиц в зависимости от породы. Для приближенных вычислений можно принимать усредненную величину $\sigma_D = 3,5$ МПа.

5. Диаметр расположения замораживающих скважин ($D_{скв}$) определяется по формуле:

$$D_{скв} = D_{вч} + 1,2E + 2a, \text{ м}$$

где

$$D_{вч} = D_{ств} + 2 \cdot d_{кр}, \text{ м} - \text{ диаметр ствола вчере.}$$

6. Определяется необходимое количество скважин ($N_{общ}$) по формуле:

$$N_{общ} = N_{раб} + N_{рез} + N_{контр},$$

где

$N_{раб}$ - количество рабочих скважин;

$N_{рез}$ - количество резервных скважин;

$N_{контр}$ - количество контрольных скважин.

$$N_{раб} = \frac{\pi \cdot D_{скв}}{l}, \text{ шт.}$$

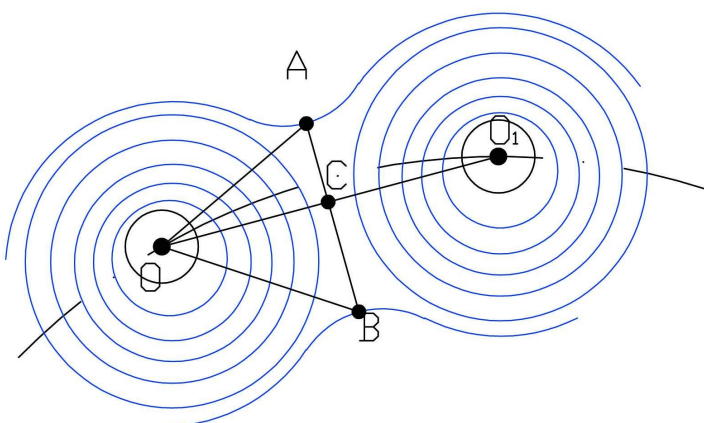
где

$l = 1, 2 \dots 1,3$ м - расстояние между двумя соседними скважинами. Зависит от многих факторов, принимается по опыту замораживания.

$$N_{рез} = 0,15N_{раб}, \text{ шт.}$$

$$N_{контр} = 4 \text{ шт. (минимальное количество).}$$

7. Фактическая толщина ледопородного ограждения будет больше E за счет



$$AB = E$$

$$AC = 0,4E$$

$$BC = 0,6E$$

$$OC = l/2$$

$$OB = r_{вн}$$

$$OA = r_{н}$$

намерзания породы не только в замковых, но и в главных плоскостях ограждения (рис.2). Она определяется внутренним ($r_{вн}$) и наружным ($r_{н}$) радиусами промерзания пород вокруг каждой замораживающей колонки. Эти радиусы

легко находятся при решении простейшей геометрической задачи (рис.2):

$$r_{вн} = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + a\right)^2 + (0,6 \cdot E)^2}, \text{ м} \quad \text{и} \quad r_n = \sqrt{\left(\frac{l}{2} + a\right)^2 + (0,4 \cdot E)^2}, \text{ м}$$

8. Определяются фактические внутренний и наружный диаметры ледопородного ограждения вокруг ствола по формулам:

$$D_{вн} = D_{скв} - 2 \cdot r_{вн}, \text{ м}$$

$$D_n = D_{скв} + 2 \cdot r_n, \text{ м}$$

Этап Б. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗАМОРАЖИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ И ВРЕМЕНИ ЗАМОРАЖИВАНИЯ.

1. Определяется объем ледопородного ограждения, то есть объем всей породы, подлежащей замораживанию, ($V_{цвл}$) по не совсем рациональной методике, но необходимой для выполнения п.2 данного этапа:

$$V_{цвл} = \sum_{i=1}^n V_i, \text{ м}^3$$

где

V_i – объём породы по каждому водоносному горизонту отдельно, м^3 .

V_i определяется следующим образом:

$$V_i = F \cdot h_i, \text{ м}^3$$

где

F - площадь кольца сечения ледопородного ограждения, м^2

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (D_n^2 - D_{вн}^2), \text{ м}^2$$

2. Определяется объем замораживаемой воды ($V_{воды}$) по формуле:

$$V_{общ}^e = \sum_{i=1}^n V_i^e, \text{ м}^3$$

где

V_i^e – объем воды в i -ом водоносном горизонте, м^3 .

$$V_i^e = V_i \cdot m_i, \text{ м}^3$$

где m_i – доля содержания воды в породе i -го водоносного горизонта (в условии дана в %, подставлять нужно в долях единицы).

3. Объем твердых частиц породы ($V_{пор}$) определяется по формуле:

$$V_{пор} = V_{цвл} - V_{общ}^e, \text{ м}^3,$$

4. Замораживание будет происходить только при выполнении следующего неравенства:

$$Q_k \cdot T \geq Q_z + Q_{ох} \cdot T,$$

где

Q_3 – количество тепла, которое нужно отвести от замораживаемого массива для перевода его от естественной температуры до средней температуры замораживания;

Q_k – теплопоглощающая способность замораживающих колонок;

Q_{ox} – внешний теплоприток;

T – время активного замораживания

Для дальнейших расчетов необходимо вычислить все члены этого неравенства.

5. Q_3 определяется, исходя из выражения:

$$Q_3 = q_3 \cdot V_{цвл}, \text{ ккал}$$

где

q_3 – удельное количество тепла (то есть то, которое нужно отвести от 1 м³ породы), ккал. q_3 и Q_3 нужно определять для каждого породного слоя, а итоги затем суммировать. Это очень громоздкий процесс.

Для облегчения расчетов и приближенных вычислений с небольшой погрешностью можно принять следующий порядок определения Q_3 :

$$Q_3 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \text{ ккал}$$

где

Q_1 – количество тепла, которое нужно отвести от содержащейся в породе воды для её охлаждения от естественной температуры до температуры замерзания;

Q_2 – количество тепла, которое нужно отвести для перевода воды в лед при одной и той же температуре (замерзания);

Q_3 – количество тепла, которое нужно отвести ото льда для его охлаждения от температуры замерзания до средней температуры замораживания;

Q_4 – количество тепла, которое нужно отвести от «скелета» породы при его охлаждении от естественной температуры до средней температуры замораживания.

Все вышеназванные величины Q определяются по следующим формулам:

$$Q_1 = V_B \cdot \gamma_B \cdot C_B \cdot (t_{ec} - t_o), \text{ ккал}$$

$$Q_2 = V_B \cdot \gamma_B \cdot r, \text{ ккал}$$

$$Q_3 = V_L \cdot \gamma_L \cdot C_L \cdot (t_o - t_{cp}), \text{ ккал}$$

$$Q_4 = V_{\Pi} \cdot \gamma_{\Pi} \cdot C_{\Pi} \cdot (t_{ec} - t_{cp}), \text{ ккал}$$

где

$V_L = 1,09 \cdot V_e, \text{ м}^3$ - объём льда;

$\gamma_B, \gamma_L, \gamma_n$ - удельный вес соответственно воды, льда и породы (средневзвешенный), кг/м³;

$\gamma_e = 1000 \text{ кг/м}^3$ (для химически чистой воды); $\gamma_L = 916 \text{ кг/м}^3$;

$$\gamma_n = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}, \text{ кг/м}^3;$$

C_v, C_l, C_n - удельная теплоёмкость соответственно воды, льда и породы. В среднем они равны $C_v = 1, C_l = 0,5, C_n = 0,2$ ккал/кг·град.;

$r = 80$ ккал/кг - скрытая теплота льдообразования;

t_{ec}, t_o, t_{cp} - соответственно температура породы и воды в естественном состоянии, температура замерзания воды и средняя температура замораживания. Принимаем $t_{ec} = +10^0\text{C}, t_o = 0^0\text{C}, t_{cp} = -10^0\text{C}$.

6. Теплопоглощающая способность замораживающих колонок определяется по формуле:

$$Q_k = q_f \cdot F_k, \text{ ккал/час}$$

где

$q_f = 200 \dots 250$ ккал/м²·час - удельное теплопоглощение на 1 м² поверхности замораживающих колонок;

F_k - общая площадь наружной поверхности замораживающих колонок, м².

$$F_k = \pi \cdot d_k \cdot L_k \cdot N_{\text{раб}}, \text{ м}^2$$

где

$d_k = 0,146$ м – стандартный диаметр труб ТЗК (трубы замораживающих колонок);

$L_k = L_{\text{скв}}$ - длина замораживающих колонок.

7. Производительность замораживающей станции определяется на основании Q_k с учетом 20% потерь в рассольной сети, то есть:

$$Q_{\text{ст}} = 1,2 \cdot Q_k, \text{ ккал/час.}$$

8. Определяется внешний теплоприток, который постоянно нужно отводить при замораживании:

$$Q_{\text{ox}} = q_{\text{ox}} \cdot S_{\text{ox}}, \text{ ккал/час}$$

где

$q_{\text{ox}} = 4 \dots 11$ ккал/м²·час – удельное количество тепла, притекающее к 1 м² поверхности ледопородного ограждения как снаружи, так и изнутри со стороны не замороженного породного массива; q_{ox} зависит от естественной температуры пород и глубины. Примем $q_{\text{ox}} = 6$ ккал/м²·час.

S_{ox} – поверхность ледопородного ограждения, соприкасающаяся с незамороженным массивом. Определяется из выражения:

$$S_{\text{ox}} = \pi \cdot (D_n + D_{\text{вн}}) \cdot L_{\text{скв}} + 2 \cdot F, \text{ м}^2$$

9. Используя неравенство (Б-4), определяем время активного замораживания по формуле:

$$T = \frac{Q_3}{(Q_k - Q_{\text{ox}}) \cdot 24}, \text{ сутки}$$

10. Время пассивного замораживания определяется, исходя из нормативной скорости проходки ствола по замороженным породам ($V_H = 25$ м/мес):

$$T_{nacc} = \frac{H}{V_H}, \text{ мес.}$$

где H - длина участка ствола, проходимого по замороженным породам.

Полученные в результате вычислений значения толщины ледопородного ограждения (E), производительность замораживающей станции (Q_{cm}), продолжительности активного и пассивного периодов замораживания (T и T_{nacc}) записываются в конце расчетно-графической работы в виде ответа.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Насонов, И. Д. Технология строительства горных предприятий : специальные способы строительства / И. Д. Насонов, М. Н. Шуплик, В. И. Ресин. - Москва : Недра, 1990. – 350 с.
2. Шахтное и подземное строительство : учеб. для вузов : в 2-х т. Т.1 / Б. А. Картозия [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : МГГУ, 2003. - 732 с.
3. Левит, В. В. Сооружение стволов бурением : учеб. пособие / В. В. Левит, В. И. Пилипец. – Донецк : Норд-пресс, 2008. – 286 с.
4. Справочник по сооружению шахтных стволов специальными способами / В. В. Давыдов [и др.] ; под общ. ред. Н. Г. Трупака. – Москва : Недра, 1980. – 392 с.
5. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт : учеб. пособие / Э. Я. Кипко ; под общ. ред. Э. Я. Кипко. – Днепропетровск : НГУ, 2004. – 368 с.
6. Гузеев, А. Г. Технология строительства подземных сооружений / А. Г. Гузеев, А. Г. Гудзь, А. К. Пономаренко. - Киев : Вища шк., 1986. – 320 с.
7. Справочник инженера-шахтостроителя : в 2-х т. / под общ. ред. В. В. Белого. - Москва : Недра, 1983.
Т. 1. – 439 с.
Т. 2. - 423 с.
8. Малинин, А. Г. Струйная цементация грунтов / А. Г. Малинин. – Пермь : Пресстайм, 2007. – 168 с.
9. Пшеничный, Ю. А. Конспект лекций по дисциплине “Технология сооружения горных выработок в сложных горно-геологических условиях (Специальные способы строительства)” / Ю. А. Пшеничный, В. В. Левит. - Донецк : Лебедь, 1997. – 220 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.....	3
2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА	5
Тема 1. Введение. Общие положения. Классификация специальных способов..	5
Тема 2. Строительство вертикальных горных выработок при помощи шпунтовых ограждений	5
Тема 3. Строительство вертикальных горных выработок способом "стена в грунте".....	6
Тема 4. Строительство подземных сооружений способом струйной цементации.	6
Тема 5. Строительство вертикальных горных выработок при помощи опускной крепи	7
Тема 6. Строительство горных выработок под сжатым воздухом (кессонный способ)	7
Тема 7. Строительство горных выработок с использованием водопонижения ...	8
Тема 8. Строительство горных выработок с использованием замораживания горных пород	9
Тема 9. Строительство горных выработок с использованием тампонирувания горных пород	10
Тема 10. Строительство стволов и скважин большого диаметра с использованием способа бурения	12
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ " РАСЧЁТ СПОСОБА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ".....	13
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	22

Методические указания
к самостоятельной работе студентов
по дисциплине базовой части профессионального цикла учебного плана
«Специальные способы строительства выработок»
[Электронный ресурс] : для студентов уровня профессионального
образования «специалист» специальности 21.05.04 «Горное дело»
специализации «Шахтное и подземное строительство» всех форм обучения

Составители:

Борщевский Сергей Васильевич
Пшеничный Юрий Александрович

Редактор

Корректор

Техн. редактор