

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
«Шахтное и подземное строительство. Строительство стволов»**

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 622.274(076)

ББК 33.15я7

М54

Рецензенты:

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

Лабинский Константин Николаевич – доктор технических наук, профессор 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 «Шахтное и подземное строительство. Строительство стволов» [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: 590 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 622.274(076)

ББК 33.15я7

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Дисциплина "Шахтное и подземное строительство. Строительство стволов" студентами очной и заочной форм обучения изучается на 7-м семестре. Методика самостоятельного изучения дисциплины и наиболее сложные для усвоения темы излагаются преподавателем на лекциях в период установочной сессии студентам заочной формы обучения.

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.

Дисциплина рассматривает основные вопросы проектирования и технологии производства работ при сооружении вертикальных выработок (стволов) горных предприятий.

Рабочей программой дисциплины предусматривается выполнение курсового проекта проходки или армирования вертикального ствола, который выполняется в следующем семестре после изучения теоретического курса. Выполнение проекта осуществляется студентами всех форм обучения под контролем преподавателя в соответствии с разработанными методическими указаниями для курсового проектирования.

Целью изучения дисциплины " Шахтное и подземное строительство. Строительство стволов" является: приобретение студентами знаний и умений, необходимых для самостоятельного творческого решения задач, связанных с проектированием и практической реализацией технологических процессов при проходке и армировании вертикальных горных выработок, путём усвоения лекционного материала, изучения новинок научной литературы, выполнения практических работ и курсового проектирования.

В результате освоения дисциплины студент должен знать: сущность и область применения технологических схем строительства устьев, основных частей и сопряжений вертикальных стволов, их армирования; передовые технологии и методы организации работ которые обеспечивают оптимальные параметры производительности, качества и безопасности.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ.

Подлежащий изучению теоретический материал «Сооружение вертикальных выработок» складывается из следующих основных тем:

Тема 1. Основные сведения о сооружении вертикальных стволов шахт и рудников.

Тема 2. Подготовительный период строительства горного предприятия, в том числе:

2.1. Работы подготовительного периода. Варианты оснащения стволов.

2.2. Проходческое оборудование оснащения строительной площадки.

2.3. Сооружение устья и технологической части. Монтаж забойного проходческого оборудования.

Тема 3. Технологические схемы проходки стволов. Комбайновая технология.

Тема 4. Основные технологические процессы при проходке вертикальных стволов, в том числе:

4.1. Буровзрывные работы.

4.2. Погрузка породы.

4.3. Подъём.

4.4. Возведение постоянной крепи.

4.5. Вентиляция. Обеспечение сжатым воздухом.

4.6. Водоотлив.

4.7. Нарращивание коммуникаций. Вспомогательное оборудование.

Тема 5. Организация работ при сооружении ствола.

Тема 6. Сооружение выработок, сопрягающихся со стволом.

Тема 7. Армирование вертикальных стволов.

Тема 8. Сооружение стволов большого диаметра.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА.

Тема 1. *Основные сведения о сооружении вертикальных стволов шахт и рудников.*

Содержание темы 1:

Предмет изучения дисциплины. Задачи, стоящие перед горнодобывающей промышленностью в настоящее время. Особенности сооружения стволов различного назначения. Факторы, влияющие на продолжительность их строительства. Рекордные достижения при проходке стволов в нашей стране и за рубежом. Определения и общие сведения о вертикальных стволах. Конструкция стволов шахт. Способы сооружения стволов в различных условиях. Выбор формы и методика определения размеров поперечного сечения вертикального ствола шахты.

Литература к теме 1: [1, с.3-6, 2, с.11-44, 3, с.9-28]

Вопросы для самоконтроля к теме 1:

- 1) предмет изучения дисциплины;
- 2) задачи, стоящие перед горнодобывающей промышленностью страны в настоящее время;
- 3) особенности сооружения стволов;
- 4) факторы, влияющие на продолжительность строительства ствола;
- 5) пять периодов (этапов) сооружения ствола, доля каждого из них;
- 6) для чего нужны рекорды при проходке ствола;
- 7) рекордные достижения по глубине вертикальных стволов;
- 8) рекордные достижения по темпам проходки стволов;
- 9) ствол, как горная выработка (определение);
- 10) виды стволов в зависимости от их назначения;
- 11) виды стволов в зависимости от их расположения в пределах шахтного поля;
- 12) что входит в понятие «конструкция ствола»?
- 13) какие бывают формы поперечного сечения ствола?
- 14) преимущества круглой формы поперечного сечения ствола;
- 15) различные конструкции в зависимости от назначения ствола;
- 16) ряд типизированных диаметров стволов круглой формы;
- 17) способы сооружения стволов в зависимости от ожидаемого водопритока;
- 18) при каком ожидаемом водопритоке обязательны специальные способы сооружения ствола?
- 19) значение нормативного водопритока в ствол после применения специального способа его сооружения;
- 20) какие существуют алгоритмы расчётов и методики определения размеров поперечного сечения ствола в зависимости от его назначения?

Тема 2. *Подготовительный период строительства горного предприятия.*

Содержание темы 2:

Работы подготовительного периода. Варианты оснащения стволов. Оборудование поверхности для проходки ствола. Передвижное и крупноблочное проходческое оборудование. Приспособление постоянных копров и подъёмных машин для сооружения стволов. Сооружение устья и технологической части ствола: возмож-

ные технологические схемы, оснащение поверхности и забоя, технология и организация работ. Монтаж забойного проходческого оборудования. Основные меры безопасности при горнопроходческих и монтажных работах.

Литература к теме 2: [1, с.7-53, 2, с.134-145, 3, с.29-46]

Вопросы для самоконтроля к теме 2:

- 1) периоды строительства горного предприятия;
- 2) организационные мероприятия, предшествующие подготовительному периоду;
- 3) основные внеплощадочные работы подготовительного периода;
- 4) работы нулевого цикла подготовительного периода;
- 5) какие необходимо иметь на стройплощадке здания и сооружения для того, чтобы приступить к проходке ствола?
- 6) основные внутриплощадочные работы подготовительного периода;
- 7) для чего нужен проект организации строительства?
- 8) для чего нужен календарный (сетевой) график строительства?
- 9) общая продолжительность подготовительного периода, от чего зависит?
- 10) классификация технологических схем оснащения при сооружении стволов;
- 11) преимущества и недостатки оснащения ствола временным или постоянным оборудованием;
- 12) приспособление постоянных копров и подъёмных машин для сооружения стволов;
- 13) проходческое оборудование в передвижном исполнении. Что это такое?
- 14) фундаменты под оборудование: монолитные неразборные и инвентарные. Их преимущества и недостатки;
- 15) назначение, виды и основные характеристики проходческих лебёдок;
- 16) административно-бытовой комбинат при строительстве ствола, его функции;
- 17) устье ствола: определение, конструктивные элементы;
- 18) воспринимаемые нагрузки и виды крепи устья ствола;
- 19) технологическая часть ствола: определение, отличия от устья;
- 20) технологические схемы сооружения устья ствола;
- 21) оснащение поверхности и забоя для сооружения устья ствола;
- 22) технология сооружения устья ствола в устойчивых грунтах (породах);
- 23) технология сооружения устья ствола в неустойчивых грунтах;
- 24) технология сооружения технологической части ствола;
- 25) перечень внутриволевого забойного проходческого оборудования, которое необходимо смонтировать до начала проходки ствола;
- 26) технология монтажа внутриволевого оборудования;
- 27) основные меры безопасности при горнопроходческих и монтажных работах в стволе в подготовительный период.

Тема 3. *Технологические схемы проходки стволов. Комбайновая технология.*

Содержание темы 3:

Классификация технологических схем проходки. Последовательная технологиче-

ская схема. Параллельная технологическая схема. Совмещённая технологическая схема. Проходка стволов по комбайновой технологии. Проходка стволов с одновременным армированием. Общие вопросы безопасности при проходке стволов.

Литература к теме 3: [1, с.56-62, 2 с.146-154]

Вопросы для самоконтроля к теме 3:

- 1) что положено в основу классификация технологических схем проходки стволов?
- 2) какие существуют технологические схемы;
- 3) основные показатели технологических схем проходки стволов;
- 4) сущность последовательной технологической проходки стволов;
- 5) достоинства и недостатки последовательной схемы;
- 6) область применения последовательной схемы в настоящее время;
- 7) сущность параллельной технологической схемы проходки стволов с временной крепью;
- 8) достоинства и недостатки параллельной схемы;
- 9) сущность параллельной технологической схемы проходки стволов со щитом-оболочкой;
- 10) достоинства и недостатки параллельной схемы со щитом-оболочкой;
- 11) область применения параллельной схемы со щитом-оболочкой;
- 12) сущность совмещённой технологической схемы проходки стволов;
- 13) достоинства и недостатки совмещённой схемы;
- 14) область применения совмещённой схемы в настоящее время, достигнутые рекорды по темпам проходки;
- 15) проходка стволов по комбайновой технологии;
- 16) проходка стволов с одновременным армированием;
- 17) основные меры безопасности при механизированной проходке вертикальных стволов.

Тема 4. *Основные технологические процессы при проходке вертикальных стволов.*

Содержание темы 4:

Буровзрывные работы (БВР): особенности, основные параметры паспорта БВР, буровое оборудование и инструмент, организация работ, вопросы безопасности, расчёт производительности бурения и времени БВР.

Уборка породы: общие сведения, грейферные пневматические грузчики с ручным и механическим вождением, организация работ, вопросы безопасности, расчёт производительности и времени погрузки породы.

Проходческий подъём: общие сведения, особенности, способы, подъёмные машины, режимы работы и расчёт производительности подъёмов, проходческие копры, бады, канаты, прицепные устройства, направляющие рамки, транспортирование породы на поверхности, вопросы безопасности.

Возведение постоянной крепи: общие сведения, расчёт крепи из монолитного бетона, используемое оборудование и технологии, применение других видов крепи, вопросы безопасности и качества.

Вентиляция: основные положения и особенности, схемы и расчёт вентиляции, применяемое оборудование для проветривания ствола.

Обеспечение сжатым воздухом: расчёт производительности компрессорной станции, применяемые компрессоры и трубопроводы.

Водоотлив: общие сведения, откачка воды баднями, насосами, водоулавливание, расчёт производительности водоотливных средств.

Проходческие коммуникации и вспомогательное оборудование: трубопроводы и кабели в стволе при проходке, подвесные полки, сигнализация и связь, освещение, спасательная лестница, маркшейдерское оборудование.

Литература к теме 4: [1, с.62-119, 2, с.155-234, 3, с.47-132]

Вопросы для самоконтроля к теме 4:

- 1) буровзрывные работы при проходке ствола: цели, особенности;
- 2) от чего зависит продолжительность и эффективность БВР в стволах?
- 3) требования к БВР при проходке ствола;
- 4) основные параметры паспорта БВР при проходке ствола;
- 5) показатели БВР в стволах;
- 6) возможные схемы расположения шпуров в забое ствола, виды врубов;
- 7) варианты конструкции шпурового заряда в стволах;
- 8) таблица данных о шпурах и зарядах в паспорте БВР;
- 9) схема выставления постов охраны в паспорте БВР;
- 10) взрывчатые вещества, используемые при проходке ствола;
- 11) средства взрывания, используемые при проходке ствола;
- 12) параметры паспорта БВР при проходке ствола: глубина шпуров, диаметр шпуров и ВВ, коэффициент использования шпуров;
- 13) способы бурения при проходке ствола;
- 14) буровой инструмент: буровая сталь и коронки при БВР в стволах;
- 15) буровое оборудование при проходке ствола: перфораторы, бурильные установки;
- 16) организация БВР при проходке ствола;
- 17) «антенна» для подсоединения проводов электродетонаторов: назначение, конструкция;
- 18) вопросы безопасности при проведении БВР в стволах;
- 19) алгоритм расчёта основных параметров паспорта БВР для стволов;
- 20) алгоритм расчёта производительности бурения и времени БВР в стволах;
- 21) уборка породы из забоя ствола как комплексный процесс. Что сюда относится?
- 22) специфические условия уборки породы из забоя ствола;
- 23) 2 фазы уборки породы: их характеристика, механизация;
- 24) грейферные пневматические грузчики с ручным вождением: конструкция, характеристики, достоинства, недостатки;
- 25) грейферные пневматические грузчики с механическим вождением: конструкция, характеристики, достоинства, недостатки;
- 26) организация работ при уборке породы из ствола;
- 27) для чего машинист породопогрузочной машины КС-2у/40 условно разбивает площадь забоя ствола на 4 сектора?
- 28) чем занимаются проходчики в забое ствола во время работы породопогрузочной машины КС-2у/40?
- 29) вопросы безопасности при уборке породы;

- 30) алгоритм расчёта производительности и времени погрузки породы;
- 31) функции подъёмных установок при проходке ствола;
- 32) состав проходческого подъёма;
- 33) специфические особенности проходческого подъёма;
- 34) одноконцевой и двухконцевой проходческий подъём: что это? Преимущества и недостатки каждого;
- 35) работа подъёмов с перецепкой бадей: что это? Преимущества и недостатки;
- 36) подъёмные машины, применяемые при проходке ствола;
- 37) режимы работы подъёмных установок при различных технологических схемах проходки ствола;
- 38) алгоритм расчёта производительности проходческого подъёма;
- 39) проходческие копры: назначение, конструкция, разновидности;
- 40) проходческие бадьи: назначение, конструкция, разновидности;
- 41) проходческие канаты: назначение, конструкция, разновидности;
- 42) проходческие прицепные устройства: назначение, конструкция, разновидности;
- 43) проходческие направляющие рамки: назначение, конструкция, разновидности;
- 44) транспортирование породы на поверхности земли;
- 45) алгоритм расчёта производительности самосвала и необходимого количества автомобилей для вывоза породы на отвал;
- 46) вопросы безопасности при эксплуатации проходческих подъёмных установок;
- 47) назначение крепи ствола
- 48) требования, предъявляемые к крепи ствола;
- 49) виды крепи ствола;
- 50) крепь ствола из монолитного бетона: достоинства, недостатки;
- 51) алгоритм расчёта постоянной крепи ствола из монолитного бетона;
- 52) примерный состав бетонной смеси для крепления стен ствола, применяемые материалы для её приготовления;
- 53) оборудование, используемое для возведения крепи ствола из монолитного бетона (кроме опалубки): название, характеристика;
- 54) варианты получения (приготовления) бетонной смеси для спуска в ствол;
- 55) спуск бетонной смеси в ствол контейнерами: сущность, преимущества, недостатки;
- 56) опалубки для возведения крепи ствола из монолитного бетона: назначение, виды;
- 57) конструктивные особенности призабойных металлических опалубок;
- 58) технология возведения монолитной бетонной крепи при проходке ствола;
- 59) применение тубинговой крепи при проходке ствола;
- 60) применение набрызг-бетонной крепи при проходке ствола;
- 61) применение анкерной крепи при проходке ствола;
- 62) вопросы безопасности при возведении постоянной крепи ствола;
- 63) вопросы качества при возведении постоянной крепи ствола;

- 64) проветривание при проходке ствола: назначение, отличительные особенности;
- 65) основные требования «Правил безопасности в угольных шахтах», предъявляемые к составу воздуха при проходке и эксплуатации стволов;
- 66) требования «Правил безопасности...», предъявляемые к температуре воздуха при проходке и эксплуатации стволов;
- 67) требования «Правил безопасности...», предъявляемые к скорости движения воздуха при проходке и эксплуатации стволов;
- 68) схемы вентиляции при проходке стволов: виды, характеристики, преимущества, недостатки;
- 69) вентиляторы, используемые для проветривания стволов при проходке;
- 70) трубопроводы вентиляции для проходки ствола: виды, методы стыкования и крепления;
- 71) алгоритм расчёта вентиляции при проходке ствола;
- 72) обеспечение проходки ствола сжатым воздухом: назначение, виды оборудования;
- 73) алгоритм расчёта производительности компрессорной станции;
- 74) притоки воды при проходке ствола: природа возникновения, статистическая величина;
- 75) отрицательное влияние притоков воды при проходке ствола на технико-экономические показатели;
- 76) особенности проходческого водоотлива;
- 77) назначение и виды проходческого водоотлива;
- 78) откачка воды бадьями при проходке ствола: сущность, забойные насосы;
- 79) алгоритм расчёта производительности бадьевого водоотлива;
- 80) откачка воды насосами при проходке ствола: область применения, используемое оборудование;
- 81) виды проходческого водоотлива насосами: одноступенчатый, многоступенчатый. Их характеристика и область применения;
- 82) проходческий водоотлив подвесными насосами: сущность, преимущества, недостатки;
- 83) алгоритм расчёта производительности водоотливного насоса при проходке ствола;
- 84) назначение водоулавливания при проходке ствола. Виды водоулавливания;
- 85) конструкция водоулавливающего кольца, дренажного устройства;
- 86) применяемые схемы водоотведения при проходке ствола;
- 87) проходческие коммуникации в стволе: назначение, виды;
- 88) способы стыкования и крепления проходческих трубопроводов и кабелей;
- 89) подвесной проходческий полук: назначение, конструкция;
- 90) оборудование, располагаемое на подвесном проходческом полке;
- 91) сигнализация и связь при проходке ствола: назначение, виды, применяемое оборудование;
- 92) последовательность подачи сигналов на движение бадьи из забоя ствола до машиниста подъёмной установки;
- 93) типовые сигналы при работе подъёмных машин;

- 94) освещение при проходке ствола: назначение, нормы освещённости, применяемые светильники;
- 95) точки размещения проходческих светильников в стволе, требования к ним;
- 96) спасательная лестница при проходке ствола: назначение, виды, конструкция;
- 97) порядок выезда из ствола спасательной лестницей;
- 98) маркшейдерское оборудование при проходке ствола: назначение, виды;
- 99) конструкция и характеристики маркшейдерского отвеса.

Тема 5. Организация работ при сооружении ствола.

Содержание темы 5:

Общие вопросы организации работ. График организации работ проходческого цикла и его построение. Мотивация работников при проходке ствола. Опыт скоростных проходок в нашей стране и зарубежом.

Литература к теме 5: [1, с.122-143, 2, с.235-245, 3, с.133-169, периодическая литература, интернет-ресурсы].

Вопросы для самоконтроля к теме 5:

- 1) общие вопросы организации работ по проходке ствола;
- 2) режим работы и состав проходческого участка на сооружении ствола;
- 3) нарядная система, контроль вопросов безопасности работ;
- 4) алгоритм расчёта суммарной трудоёмкости работ проходческого цикла;
- 5) определение времени проходческого цикла;
- 6) расчёт и построение графика организации работ проходческого цикла;
- 7) контроль и анализ выполнения графика организации работ проходческого цикла;
- 8) определение темпов проходки ствола и производительности труда;
- 9) алгоритм расчёта стоимости проходки 1м ствола;
- 10) мотивация работников участка при проходке ствола.

Тема 6. Сооружение выработок, сопрягающихся со стволом.

Содержание темы 6:

Общие сведения. Технологические схемы проходки сопряжений ствола с выработками околоствольного двора, сооружения камер загрузочных устройств и бункеров скипового ствола. Технология выполнения работ и применяемое оборудование. Вопросы безопасности при сооружении сопряжений.

Литература к теме 6: [2 с.246-254, 6, с.163-173]

Вопросы для самоконтроля к теме 6:

- 1) определение сопряжения ствола с горизонтальными выработками;
- 2) виды, условия сооружения сопряжений;
- 3) форма и размеры сопряжений стволов с горизонтальными выработками;
- 4) что такое деформационный шов в крепи сопряжения?
- 5) технологические схемы проходки сопряжений ствола с выработками околоствольного двора;
- 6) рассечка сопряжения сплошным забоем: область применения, преимущества, недостатки;

- 7) рассечка сопряжения слоями сверху вниз: область применения, преимущества, недостатки;
- 8) рассечка сопряжения слоями снизу вверх: область применения, преимущества, недостатки;
- 9) рассечка сопряжения бортовыми выработками и с передовой выработкой в своде: область применения, преимущества, недостатки;
- 10) проходка камер загрузочных устройств скипового ствола с возведением постоянной крепи сверху вниз;
- 11) проходка камер загрузочных устройств скипового ствола с последующим возведением постоянной крепи снизу вверх;
- 12) технология сооружения бункеров скипового ствола;
- 13) технология выполнения маркшейдерских работ и БВР при сооружении сопряжений, применяемое оборудование;
- 14) технология временного крепления, проветривания и водоотлива при сооружении сопряжений, применяемое оборудование;
- 15) технология уборки породы при сооружении сопряжений, применяемое оборудование;
- 16) технология возведения постоянной крепи при сооружении сопряжений, применяемое оборудование;
- 17) вопросы безопасности при сооружении сопряжений.

Тема 7. Армирование вертикальных стволов.

Содержание темы 7:

Элементы армировки. Общие сведения об армировании. Подготовительные работы. Технологические схемы армирования. Технология выполнения работ и применяемое оборудование при монтаже жесткой армировки. Технология выполнения работ при монтаже канатной армировки. Монтаж постоянных трубопроводов и кабелей. Вопросы безопасности и качества при армировании. Переход от I-го ко II-му периоду строительства горного предприятия.

Литература к теме 7: [1, с.262-266, 2 с.254-266, 6, с.173-192]

Вопросы для самоконтроля к теме 7:

- 1) определение армировки и армирования вертикального ствола;
- 2) назначение, виды армировки вертикального ствола;
- 3) элементы жесткой армировки ствола: расстрелы и проводники;
- 4) виды расстрелов армировки, способы их крепления к крепи ствола;
- 5) главные, вспомогательные, ложные расстрелы;
- 6) определение яруса армировки ствола;
- 7) центральный и боковые расстрелы армировки;
- 8) схемы расположения проводников армировки относительно подъёмных сосудов;
- 9) виды проводников армировки;
- 10) коробчатые проводники армировки: конструкция, крепление к расстрелам, стыкование;
- 11) рельсовые проводники армировки: конструкция, крепление к расстрелам, стыкование;

- 12) элементы жесткой армировки ствола: лестничное отделение, оборудование горизонта и зумпфа;
- 13) элементы жесткой армировки ствола: трубопроводы, кабели;
- 14) элементы эластичной армировки ствола;
- 15) подготовительные работы по переходу от проходки к армированию;
- 16) армирование ствола: определение, продолжительность, темпы.
- 17) технологические схемы армирования стволов;
- 18) последовательная схема армирования: сущность, темпы, преимущества, недостатки;
- 19) параллельная схема армирования: сущность, темпы, преимущества, недостатки;
- 20) совмещённая схема армирования: сущность, темпы, преимущества, недостатки;
- 21) маркшейдерское обеспечение армирования ствола;
- 22) разметка, разделка лунок под расстрелы при армировании;
- 23) монтаж, центрирование яруса расстрелов, заделка лунок при армировании;
- 24) устройство лестничного отделения при армировании;
- 25) установка кабельных кронштейнов при армировании;
- 26) навеска проводников жесткой армировки ствола;
- 27) монтаж постоянных трубопроводов и кабелей армировки ствола;
- 28) организация работ при армировании ствола;
- 29) технология выполнения работ при монтаже канатной армировки;
- 30) вопросы безопасности при армировании ствола;
- 31) вопросы качества при армировании ствола;
- 32) переход от 1-го ко 2-му периоду строительства горного предприятия.

Тема 8. Сооружение стволов большого диаметра (БД).

Содержание темы 8:

Общие сведения. Технология проходки стволов большого диаметра: а) со сплошным или уступным забоем, б) со спиральной поверхностью забоя, в) по передовой скважине или восстающему.

Литература к теме 8: [4 с.122-128, 5, с.148-156]

Вопросы для самоконтроля к теме 8:

- 1) какие стволы считают стволами большого диаметра?
- 2) проходка стволов БД сплошным или уступным забоем;
- 3) проходка стволов БД со спиральной поверхностью забоя;
- 4) проходка стволов БД по передовой скважине или восстающему.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЯ И РАСЧЁТ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТВОЛА»

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.4.1).

Таблица 4.1.

Исходные данные для выполнения контрольной работы

№ варианта	Назначение ствола	Срок службы, лет	Мощность шахты, $A_{год}$, тыс.т	CH_4 , m^3/t с.б.м.	Крепость пород f	Угол падения пород, град.	Глубина ствола, м	Водоприток $m^3/час$	Тип армировки: расстрелы и проводники
1.	Скиповой	40	800	12	12	50	420	5	двугавр, рельсы
2.	Клетевой	50	1200	8	5	24	850	12	двугавр, коробч.
3.	Клетевой	40	750	15	14	5	1020	22	коробч., коробч.
4.	Вентиляционный	30	1000	12	3	18	680	3	двугавр, рельсы
5.	Воздухоподающий	55	2200	10	7	60	1380	16	коробч., коробч.
6.	Клетевой	55	1500	18	9	30	510	5	двугавр, рельсы
7.	Скиповой	60	800	22	11	12	395	9	двугавр, коробч.
8.	Скиповой	50	1400	20	15	9	995	11	двугавр, коробч.
9.	Клетевой	45	1750	16	6	40	675	10	коробч., коробч.
10.	Скипо-клетевой	50	2700	8	8	38	1310	8	коробч., коробч.
11.	Скиповой	45	3600	5	4	55	820	7	двугавр, рельсы
12.	Клетевой	60	2000	14	10	11	1250	21	коробч., коробч.
13.	Вентиляционный	45	2100	14	18	22	900	25	двугавр, рельсы
14.	Воздухоподающий	50	900	20	10	8	785	6	двугавр, коробч.
15.	Вентиляционный	30	3000	6	8	3	1000	5	двугавр, рельсы
16.	Воздухоподающий	60	1300	24	7	35	1225	4	коробч., коробч.
17.	Скиповой	35	1100	20	4	48	1150	12	двугавр, рельсы
18.	Скиповой	60	2300	13	6	44	1550	13	коробч., коробч.
19.	Клетевой	60	1450	18	9	7	1380	18	коробч., коробч.
20.	Клетевой	50	1950	14	7	12	910	11	двугавр, рельсы
21.	Воздухоподающий	60	2750	10	8	4	1400	10	коробч., коробч.
22.	Вентиляционный	45	750	22	5	2	615	9	двугавр, рельсы
23.	Скипо-клетевой	60	2500	9	17	18	1425	5	коробч., коробч.
24.	Скиповой	50	3200	11	10	64	775	6	двугавр, рельсы
25.	Клетевой	50	2800	17	9	15	1315	9	двугавр, коробч.

4.1. Определение сечения ствола.

Вначале работы в зависимости от физико-механических свойств горных пород, срока службы и глубины выработки выбирается форма поперечного сечения вертикального ствола. Размеры сечения ствола определяются в соответствии с его назначением, габаритами подъемных сосудов, необходимыми по Правилам безопасности (ПБ) зазорами и количеством пропускаемого по стволу воздуха по следующим методикам (алгоритм расчётов приведен для условий двухконцевых подъемных установок).

4.1.1. Скиповой ствол.

Наивыгоднейшая грузоподъемность скипа (каждого из двух при двухконцевом подъеме) определяется из выражения:

$$Q_{уг} = A_{ч} \frac{4\sqrt{H} + 9}{3600}, \text{ т}, \quad (4.1)$$

где $A_{ч}$ - часовая производительность подъема;

$$A_{ч} = \frac{A_{г} * K}{N * T_{под}}, \text{ т/ч}, \quad (4.2)$$

$A_{г}$ - годовая производственная мощность шахты, т;

N - количество дней работы шахты в году по добыче полезного ископаемого,
 $N = 300$ дней;

K - коэффициент неравномерности работы подъёма, $K=1,45 \dots 1,5$;

$T_{\text{под}}$ - количество часов работы подъёма в сутки, $T_{\text{под}}=18 \dots 21$ час;

H - высота подъёма шахты;

$$H = H_{\text{ст}} + h_{\text{п}}, \text{ м}, \quad (4.3)$$

$H_{\text{ст}}$ - глубина ствола, м;

$h_{\text{п}}$ - высота превышения приёмной площадки над устьем ствола,

$h_{\text{п}} = 15 \dots 20$ м - при металлическом копре,

$h_{\text{п}} = 20 \dots 30$ м - при башенном копре;

ϑ - пауза на загрузку нижнего скипа и одновременную разгрузку верхнего,
 $\vartheta = 10 \dots 15$ с;

$T = 4\sqrt{H}$ - продолжительность одного подъёма скипа по стволу, с.

Ёмкость каждого из скипов двухконцевого угольного и двух- или одноконцевого породного подъёмов определяется следующим образом:

$$V_{\text{ск.уг.}} = q_{\text{уг}}/\gamma_{\text{уг}} \quad \text{и} \quad V_{\text{ск.п.}} = q_{\text{п}}/\gamma_{\text{п}}, \text{ м}^3, \quad (4.4)$$

где γ - объёмный вес, т/м^3 . Следует принимать $\gamma_{\text{уг}} = 0,86 \text{ т/м}^3$ для угля и $\gamma_{\text{п}} = 1,68 \text{ т/м}^3$ для породы.

Для подъёма породы обычно применяют скип с противовесом. Количество выдаваемой породы в зависимости от горных условий колеблется от 10 до 30% от количества добываемого угля. Поэтому грузоподъёмность породного скипа можно определить из выражения:

$$q_{\text{п}} = (0,1 \dots 0,3) 2 q_{\text{уг}}, \text{ т}, \quad (4.5)$$

а ёмкость породного скипа находится в соответствии с выражением (4.4).

Полученные расчётные величины $V_{\text{ск.уг.}}$ и $V_{\text{ск.п.}}$ необходимо округлить до ближайших больших значений стандартного ассортимента скипов [3].

В соответствии с выбранной схемой расположения подъёмных сосудов [3], габаритными размерами в плане скипов, элементов армировки, технологическими зазорами между ними, а также необходимыми зазорами по ПБ [11,3] путём графического построения определяется диаметр ствола в свету $D_{\text{св}}$, который затем округляется в большую сторону до типизированного диаметра ствола (4,0;4,5;5,0;5,5;6,0;6,5;7,0;7,5;8,0;8,5;9,0).

Площадь поперечного сечения ствола в свету определяется по формуле:

$$S_{\text{св}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{св}}^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (4.6)$$

Определённое таким образом поперечное сечение ствола проверяется по условию проветривания [11, прил.4, табл.3]. При этом расчётная (фактическая) скорость движения воздуха по стволу не должна превышать максимально допусти-

мую по ПБ, равную:

- 12 м/с для стволов, на которых производится спуск-подъём только грузов (скиповые);

- 8 м/с для стволов, на которых производится спуск-подъём людей и грузов (клетевые, вентиляционные и воздухоподающие). Таким образом

$$V_{\text{расч}} = \frac{A_{\text{сут}} * q_{\text{CH}_4} * k'}{864 (d - d_0) * S_{\text{св}} * \mu} \leq v_{\text{max}}, \text{ м/с} \quad (4.7)$$

где $A_{\text{сут}}$ - суточная добыча угля в шахте, $A_{\text{сут}} = A_{\text{г}} / N$, т;

q_{CH_4} - метановыделение по шахте, $\text{м}^3 / \text{т}$ с.б.м.;

k' - коэффициент, учитывающий потери воздуха в шахте, $k' = 1,5$;

d - допустимая концентрация метана в исходящей струе, $d = 0,75\%$;

d_0 - допускаемая концентрация метана в поступающей струе,

$d_0 = 0 \dots 0,5 \%$ (0% для стволов, сооружаемых с поверхности);

μ - коэффициент уменьшения полезной площади сечения ствола за счёт армировки, $\mu = 0,75 \dots 0,85$.

Если $v_{\text{расч}} > v_{\text{max}}$, тогда $S_{\text{св}}$ определяется по формуле:

$$S_{\text{св}} = \frac{A_{\text{сут}} * q_{\text{CH}_4} * k'}{864 (d - d_0) * v_{\text{max}} * \mu}, \text{ м}^2, \quad (4.8)$$

а полученное значение округляется до ближайшего типизированного.

4.1.2. Клетевой ствол.

Вначале определяется максимальное количество рабочих шахты, занятых в добычной смене:

$$M_{\text{max}} = \frac{A_{\text{г}}}{N * n_{\text{см}} * P}, \text{ чел.}, \quad (4.9)$$

где $n_{\text{см}}$ - количество смен по добыче полезного ископаемого, $n_{\text{см}} = 3$;

P - производительность 1-го подземного рабочего, $P = 2 \dots 10$ т/смену.

Спуск-подъём рабочей смены должен быть произведен за нормативное время 30 - 40 минут. Количество подъёмов, которое может выполнить подъёмная машина за это время, составляет

$$n_{\text{под}} = \frac{60 (30 \div 40)}{t_1 + \vartheta}, \text{ подъёмов}, \quad (4.10)$$

где $t_1 + \vartheta = T'$ - время цикла подъёма клетки с людьми, с;

t_1 - время движения клетки, с;

$$t_1 = \frac{H * k}{V_{\text{max}}}, \text{ с}, \quad (4.11)$$

k - коэффициент неравномерности скорости подъёма, $k = 1,25 \dots 1,5$;

V_{\max} - максимальная скорость движения клетки. Определяется характеристикой принятой подъёмной машины, но не должна превышать установленной по ПБ - 12 м/с;

ϑ - продолжительность посадки в клеть. В зависимости от предполагаемого количества рабочих ϑ принимается:

15 с для 10 человек;	25 с для 20 человек;
20 с для 15 человек;	30 с для 25 человек.

Количество рабочих, поднимаемых (опускаемых) одной клетью:

$$m = \frac{M_{\max}}{n_{\text{под}}}, \text{ чел.}, \quad (4.12)$$

В соответствии с ПБ на 1 м² полезной площади клетки должно размещаться 5 рабочих. Поэтому проектная площадь одной клетки (при двухклетевом подъёме) составит:

$$F = 0,2 \text{ м}, \text{ м}^2. \quad (4.13)$$

По полученной площади пола клетки F принимается стандартная клеть с определёнными габаритными размерами [3].

Определение площади поперечного сечения клетцевого ствола (графическим способом) и его проверка по максимальной скорости воздушной струи аналогичны скиповому стволу.

4.1.3. Вентиляционный (воздухоподающий) ствол.

Площадь поперечного сечения определяется по формуле (4.8). В силу того, что фланговые стволы выполняют также побочную функцию вспомогательных стволов (спуск-подъём людей, оборудования, материалов, выдача определённого объёма породы), следует предусматривать их оснащение двухклетевым (одноклетевым) подъёмом.

Поэтому, в соответствии с полученной площадью поперечного сечения выбирается ближайшее большее типовое сечение ствола, оборудованного двухклетевым (реже одноклетевым) подъёмом [3].

4.2. Обоснование материала и расчёт постоянной крепи.

Для крепления стволов в обычных горно-геологических условиях применяют в основном монолитную бетонную крепь, которая характеризуется большим сроком службы, низким аэродинамическим сопротивлением, хорошей технологичностью возведения и относительно низкой стоимостью.

Расчёт бетонной крепи вертикальных стволов круглой формы поперечного сечения сводится к определению критической глубины, начиная с которой породы переходят в неустойчивое состояние, и толщины крепи в районе этих неустойчивых пород.

По глубине ствола допускается принимать крепь различной толщины. В

прочных и устойчивых породах на глубине меньше критической $H_{кр}$ толщина крепи не рассчитывается, а принимается равной минимальной (из бетона проектной марки не ниже класса прочности В 12,5). В соответствии с конструктивными соображениями на протяжённых участках ствола минимальная толщина крепи из бетона принимается:

- при пологом и наклонном залегании горных пород
 на глубине до 500 м 200 мм
 на глубине более 500 м 250 мм

- при крутом залегании горных пород
 на глубине до 500 м 250 мм
 на глубине более 500 м 300 мм

Критическая глубина, начиная с которой породы переходят в неустойчивое состояние:

$$H_{кр} = 100 \frac{k_{стр} * \sigma_{сж}}{k_1 * \gamma}, \text{ м}, \quad (4.14)$$

где $k_{стр}$ - коэффициент структурного ослабления пород, который равен
 для однородных пород $k_{стр} = 1,0$;
 для слоистых пород $k_{стр} = 0,7$;
 для нарушенных пород $k_{стр} = 0,3$;

$\sigma_{сж}$ - предел прочности пород на одноосное сжатие, МПа;

k_1 - коэффициент концентрации напряжений на контуре ствола, зависящий от формы поперечного сечения и способа сооружения ствола. В случае круглой формы ствола:

- при бурении или комбайновой проходке $k_1 = 2,0$;
- БВР при специальном способе $k_1 = 3,0$;
- БВР при обычном способе $k_1 = 6,0$;
- при любой другой форме ствола $k_1 = 6,0$;

γ - объёмный вес породы, т/м³.

Толщина монолитной бетонной крепи протяжённых участков стволов на глубине больше критической (в неустойчивых породах) определяется по формуле Ляме:

$$d_{кр} = m_k * R_{св} \left(\sqrt{\frac{m_б * R_{и}}{m_б * R_{и} - 2 P_{max}}} - 1 \right), \text{ м}, \quad (4.15)$$

где m_k - коэффициент условий работы крепи, равный 1,5 для последовательной и параллельной технологических схем проходки и 1,25 - для совмещённой;

$R_{св}$ - радиус ствола в свету, м;

$m_б$ - коэффициент условий работы бетона. В соответствии со СНиП $m_б = 0,7 - 0,9$;

$R_{и}$ - расчётное сопротивление бетона на сжатие при изгибе.

$R_{и} = 9$ МПа для бетона класса прочности В 15, $R_{и} = 11$ МПа для В 20,

$R_{и} = 14$ МПа для В 22,5 и $R_{и} = 17,5$ МПа для В 25;

P_{max} - расчётная максимальная нагрузка на крепь ствола, МПа.

Для определения последней величины вначале по табл.4.2 подбирается соответствующая технологической схеме и углу падения пород средняя нормативная нагрузка $P_{н}$, МПа .

Таблица 4.2.

Нормативные средние нагрузки на крепь стволов

Глубина ствола, м	Нормативная средняя нагрузка, $P_{н}$, МПа			
	При последовательной и параллельной технол. схемах проходки		При совмещённой технологической схеме проходки	
	Угол падения пород, град.			
	до 30	более 30	до 30	более 30
до 400	0,05	0,06	0,07	0,09
401 - 700	0,07	0,09	0,11	0,13
701 - 900	0,09	0,11	0,13	0,19
свыше 900	0,12	0,14	0,17	0,23

Среднее значение нагрузки на крепь, выбранное из табл.4.2, соответствует стволу с диаметром $D_{св} = 6$ м. Если диаметр отличен от 6 м, то по методике ВНИМИ производится перерасчёт нагрузки:

$$P = [1 + 0,1 (R_{св} - 3)] P_{н}, \text{ МПа}, \quad (4.16)$$

Максимальная нагрузка на крепь ствола (с учётом неравномерного распределения средней нагрузки) составит:

$$P_{max} = P (1 + 3 v), \text{ МПа}, \quad (4.17)$$

где v - коэффициент неравномерности нагрузок по контуру крепи ствола. Принимается по табл.4.3.

Коэффициенты неравномерности распределения нагрузок

Угол падения пород α , град.	Коэффициент неравномерности ν	
	При последовательной и параллельной технологических схемах проходки ствола	При совмещённой технологической схеме проходки ствола
$0 < \alpha \leq 10$	0,4	0,3
$10 < \alpha \leq 30$	0,6	0,4
$\alpha > 30$	0,7	0,5

В случае, если по расчёту толщина крепи будет больше указанных ранее минимальных величин, то принимается расчётная толщина крепи.

Если толщина монолитной бетонной крепи по расчёту оказывается больше 500 мм, следует предусматривать её уменьшение за счёт применения более прочных материалов (бетон более высокой марки или железобетон).

На основании известных диаметра ствола в свету $D_{св}$ и толщины крепи $d_{кр}$ определяется диаметр и площадь поперечного сечения ствола в черне $D_{вч}$ и $S_{вч}$, а также площадь поперечного сечения ствола в проходке $S_{пр}$ по формуле:

$$S_{пр} = (1,03 \dots 1,05) S_{вч}, \text{ м}^2. \quad (4.18)$$

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Миндели, Э. О. Сооружение и углубка вертикальных стволов шахт / Э. О. Миндели, Р. А. Тюркян. - Москва : Недра, 1982. – 312 с.
2. Шахтное и подземное строительство : учеб. для вузов / Б. А. Картозия [и др.]. - 3-е изд. – Москва : МГГУ, 2003. - Т. 1. - 607 с.
3. Корчак, А. В. Инженерные задачи по дисциплине «Шахтное и подземное строительство» : учеб. пособие / А. В. Корчак, В. А. Пшеничный. - Москва : МГГУ, 2008. - Разд. 1 : Строительство вертикальных выработок. - 226 с.

Дополнительная:

4. Технология строительства горных предприятий / А. Г. Гузеев [и др.] . - Киев : Вища школа, 1986. - 391 с.
5. Покровский, Н. М. Технология строительства подземных сооружений и шахт / Н. М. Покровский. – Москва : Недра, 1982. - Ч. 2 : Технология сооружений вертикальных наклонных выработок и камер. - 295 с.
6. Технология и механизация строительства подземных сооружений и шахт / Б. В. Бокий [и др.] ; под общ. ред. Б. В. Бокия. - Москва : Недра, 1971. - 710 с.
7. Насонов, И. Д. Технология строительства подземных сооружений : в 3-х ч. / И. Д. Насонов, В. А. Федюкин, М. Н. Шуплик. - Москва : Недра, - 1983. - Ч. 1 : Строительство вертикальных выработок. - 232 с.
8. Смирняков, В. В. Технология строительства горных предприятий / В. В. Смирняков, В. И. Вихарев, В. И. Очкуров. - Москва : Недра, 1989. - 573 с.
9. Малевич, Н. А. Машины и комплексы оборудования для проходки вертикальных стволов / Н. А. Малевич. - Москва : Недра, 1975. - 342 с.
10. Справочник инженера-шахтостроителя : в 2-х т. / под общ. ред. В. В. Белого. - Москва : Недра, 1983. – Т. 1 – 439 с.
11. Правила безопасности в угольных шахтах. - Донецк : Минуглеэнерго, 2016. - 217 с.
12. Правила безопасности при обращении со взрывчатыми материалами промышленного назначения : НПАОП 0.00-1.66-13. – Харьков : Форт, 2013. – 194 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания.....	3
2. Структура дисциплины.....	4
3. Методические указания по изучению теоретического материала.....	5
4. Методические указания по выполнению контрольной работы «Определение сечения и расчёт крепи вертикального ствола».....	13
Рекомендуемая литература.....	21

Методические указания
к самостоятельной работе студентов
по дисциплине базовой части профессионального цикла учебного плана
«Шахтное и подземное строительство. Строительство стволов»
[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