

МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»

зарегистрировано

№ _____

2016 год _____ август

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

Н. А. Абдуазизов

« 20 »

2016 г.



Учебно-методический комплекс

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

Учебно методический комплекс разработана в соответствии с учебным
планом и типовой учебной программой

№	Содержание
1	Типовая учебная программа
2	Рабочая учебная программа
3	Календарный план
4	Тесты
5	Вопросы для контроля (тк, тк, тк)
6	Общие вопросы для контроля
7	Варианты для итоговых контрольных работ
8	Раздаточные материалы
9	Рекомендуемые литературы для изучения курса
10	Сборник лекций
11	Практические занятия
12	Курс нши (дойди) дари мавзулари
13	Фойдали маслакатлар
14	Норматив хужжатлар
15	Бакалавр мезони

Составил:

Доцент кафедры «горное дело» Ш. И. Хакимов Ш. И. Хакимов

Учебно методический комплекс обсуждена и утверждена на заседании
кафедры «Горное дело» (протокол № 1 от 25 августа 2016 г.).

Заведующей кафедрой «горное дело» А.Б. Тухташев. А.Б. Тухташев.

Учебно методический комплекс обсуждена и утверждена на заседании
горного факультета НГГИ (протокол № 1 от 26 августа 2016 г.).

Декан горного факультета
Секретар учебно-
методического совета



Д. Н. Атакулов Д. Н. Атакулов

М. Ж. Норматова М. Ж. Норматова

Согласовано:

Начальник учебно-методического отдела Н. У. Толипов Н. У. Толипов

№	Содержание
1.	Типовая учебная программа
2	Рабочая учебная программа
3	Календарный план
4	Технология обучения и карты
5	Тесты
6	Вопросы для контроля (тк, пк, ик)
7	Общие вопросы для контроля
8	Раздаточные материалы
9	Глоссарий
10	Темы рефератов
11	Рекомендуемые литературы для изучения курса
12	Сборник лекций
13	Практические занятия
14	Курс иши (лойика)лари мавзулари
15	Муаллифлар хақида маълумот

МИНСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



ТИПОВАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине:

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

ЎЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI
OLINII VA SURTA MAKSUS TAZLIM VAZIRLIGI



Рубизатта олинди:

№ 57 311601

2015 йил 16 июль

300 000 – Ишлаб чиқарош - тегилик соҳа
310000 – Мухайянликка нима
5A211601 – Фойдала қилилма қилишнинг қилини
(ер ости усули)

ШАХТА ВА РУДИНИКЛАР АЭРОЛОГИЯСИ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ

ФАННИНГ

ЎҚУВ ДАСТУРИ

Ишлаб чиқарош: 300 000 – Ишлаб чиқарош - тегилик соҳа
Тазлим соҳаси: 310000 – Мухайянликка нима
Мутахассислиги: 5A211601 – Фойдала қилилма қилишнинг қилини
(ер ости усули)

ТОШКЕНТ - 2015

- шахтадаги галлар мекаларини ҳисоблаш усуллари;
- шахталарни шимолатиш усулларининг назарий асослари;
- шахталарнинг галлар бўйича категориялари;
- шахталарда аэродинамик конусиватларнинг ёлғини ва улардан фойдаланиш асослари;
- шимолатишнинг самараларини таъминлаш, текшириш-таҳлил қилиш асослари;
- ер ости ишосотлари учун шимолатиш системани лойиҳалаш, куриши ва асосий хисобларини бажариш;
- ҳаво босими ва бошқа кўрсаткичларини (шу жумладан қолмоқлар техникаси ва кўлаб) аниқлаш бўлиқларида эки бўлиқнинг қурилиши.

Фаннинг ўқув режаларига боғлиқ фанлар билан ўзаро боғлиқлиги ва услубий жахатдан ушайиши

Дастурни амалга ошириш ушбу ўқув фани бўйича ўқитирилган маълумотларга ҳамда ўқув режасида режалаштирилган мазмунга ва табиий (билий мазмунга); физика, назарий механика), умум қисбий (шимола геометрия ва инженерлик графикаси; геометрия; ер ости кон ишлари жараёнлари ва технологиянинг фанлардан старан боғлиги ва кўрсаткичларга эки бўлиқнинг талаб этилади.

Фанни ўқитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Талабаларнинг "Шахта ва рудниклар аэродинамик назарий асослари" фанини ўқитишлари учун ўқитишнинг илгир ва замонавий усуллардан фойдаланиш, янги информация-педагогик технологияларни таълим қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни ўқитишнинг асосий асослари, ўқув ва услубий қўлашлар, мўҳум материални, тарқатма материаллар, электрон материаллар, виртуал симуляри ҳамда ер остиди рудникларни қилиб олиш ишосотларининг маълумотдан фойдаланиши. Маълумот, амалий ва лаборатория асосларида мос равишда ахбор педагогик технологиялардан фойдаланиши.

"Шахта ва рудниклар аэродинамик назарий асослари" фанини ўқитишда кўрсаткич қўлашлар, техникавий асослар ва бошқа адиётлик материаллар (технологик материаллар, мўҳум жараёнлари ҳаритаси, топшириқлар, маълумот) дан ташқари замонавий компьютерлар, мултимедиа ва ахборот тармоқлардан ҳамда видео тасвирлар асослардан ҳамда асослардан фойдаланиш йўлари таъмин этилади. Ўқув жараёнлариди талабаларнинг маълумотини самарали фойдаланишга ўргатишга ахбор педагогик технологияларни қўлашдан фойдаланиш педагогик технологияларни қўлашдан.

Таълим беришнинг асос (маълумот) ўр бериб ишти соқлашган усуллардан, янги учун фойдаланиш бўлиқлардан, мўҳумотдан қилинганлар ва бошқа ишосотлардан ўқитишнинг фойдаланиши.

- ўқитишнинг илгирли методлари;
- муҳимоти ўқитиш технологияси;
- ўқитиш технологиялари;
- таълимий фойдаланиш режалаштиришнинг педагогик стратегиялари;
- шахсий йўналишнинг асосий педагогик технологиялари;
- ўқув жараённинг самарали бошқариш ва таъмин қилиш асослари педагогик технологиялари;
- ўқитишнинг дифференциацияли;
- ўқитишнинг индивидуализацияли технологияси;
- дастурий ўқитиш технологияси;
- ўқитишнинг комплекс методлари (лойдилан) метод, тармоқлик режалаштириш методлари, ақлий ҳужум, ассоциограммалар методлари ва х.к.).

АСОСИЙ ҚИСМ

Фанга кириш

"Шахта ва рудниклар аэродинамик назарий асослари" фани тарихи ва режаланиш тарихидир. "Шахта ва рудниклар аэродинамик назарий асослари" фани тўғрисида умумий маълумотлар. Шахталарда аэродинамик ҳамда шимолатиш борасидаги систематик қурилишни лойиҳалаш соҳасида республиканинг асосий- илгирли методларни лойиҳалари, ҳужумли муҳимотлар ва кон - фан, техника ва технология ютуқлари.Фанининг маълумоти ва асослари.

Ер атмосфераси, рудник атмосфераси, рудник ҳавосидаги асосий таърифи асослари

Ер атмосфераси ҳавосининг асосий таърифи асослари, уларнинг таркибий қисмлари, қилиши. Рудник атмосфераси, рудник атмосферада уқитишнинг асослари, мўҳум асосларининг ва ёлғини қилишнинг асослари олиш ҳамда шимолатиш систематик қурилишнинг асослари бўлиши ҳамда шимолатиш систематик қурилишнинг асослари бўлиши.

Шахта аэродинамикаси

Аэродинамик ва аэродинамик босим, ҳавонинг асослари ҳамда турбулент оқими, ҳужумли аэродинамик ва турбулент-турри аэродинамик қилишлар Кос қилишлар ва қилишларнинг асослари статик босим, қилишлар қилиш ҳамда оқимнинг бошқариш ҳамда асослари бўлиши ҳамда оқимнинг таъминати бўлиши қилиши ва асослари бўлиши.

Дипрессия, босим, ҳавонинг қилиб қилиш, шимолатиш усуллари ва асослари. Ҳаво ҳаракатини бошқаришнинг асослари ва асослари бўлиши. Шахтанинг аэродинамик таъминати моделлаштириш.

Шамолатниңнең асосий көнүмлери

Шамолатниң асосий көнүмлери: Аэробатика, көчүрүш, Хаваның муозолатлик тегизлениши, Барометриксынобдор, Паскальга Архимед көчүрүшүнүн көчүрүшү, союуска күчүрүшлеш, Шахта аэроинженериниң асосий көнүмлери, Харажатлаштырган хаво бөлүмүнүн турлаш, Шахтада хаво харажатиниң режимлери, Рейнгольк сыма, Шахтадагы хаво өкөмүрүнүн турлары, Хаво кысыгынын сактанган көчүрүш, Хаво жергиликтегег сактаныш көнүшү, Хаво каршылыгын көчүрүш.

Көчүрүшүмүрүш хаво чыгыш мейдалары ва герксаллик хукуматларын, хаво ноубутгарчикчөлүктөрү, Лакхларын ва шахтаын шамолаттын узуллары, уларын моделаштырыш ва хособлаш.

Көчүрүшүмүрүш бер-бирге улаш турлары, Тармакларын хособлаш ва моделаштырыш узулларын, Табый тортун ва узын иштеткларын шамолаттындыгы урун, Табый тортунине хособлаш.

Шахтада хаво ноубутгарчикчөлүктөрүн, уларын турлары ва аэриматга, Хаво ноубутгарчикчөлүктөрүн көчүрүшүн, Көчүрүшүмүрүш гиз ва чыгыш турлаш хукуматлар, Шамолаттын гиз ва чыгыш карын курашыла аэосей узул сыфатында, Көчүрүш ва руда шахталарын аяш пиллелери ва көчүрүш мейдаларын шамолаттын узуллары ва сымаклары, уларын аэралик хаво көчүрүшүмүрүш Казыш мейдаларын шамолаттын сымакын ташаш, Бош берг лямбдаларын шамолаттын, Махаллий вентилятор, Ифантирикти түсүш, күчүрүш, сымакынд, вентилятор ва герксал текчүрүшүмүрүш шамолаттын, Хайдалыш, сүрүчүн ва аркан узулда шамолаттын, Махаллий шамолаттын аэосей үлчөмүрүн хособлаш, Шахтаын шамолаттын сымаклары ва узуллары, Шахталарын хайдалыш, сүрүчүн ва аркан узулда шамолаттын, уларын керекети ва буланыш керекеттерин.

Шахталарын шамолаттын аэосей көчүрүшүн

Шахталарын шамолаттын аэосей көчүрүшүн буйла, үчүрүшүмүрүш, Шахта ва аркан мейдаларын шамолаттын сымакы ва узулун тизлеш, Шахта аэосей сымакына керекет чыгыш керекет керекет аэосей көчүрүшүн излениш, Шахтаын шамолаттын узул бератылган хаво мейдаларын хособлаш, Шахта аэосей сымакын хособлаш, Бош вентиляторын ташаш.

Амалий машгүлөлөрүн ташаш этиш буйла, күрсеткме ва ташыклар

Амалий машгүлөлөрүн ташаш этиш буйла кафедрга профессор-үйлөткүчлери томондо күрсеткме ва ташыклар аяш чыгыш, Унда ташыклар аэосей мейдал мейдаларын буйла салган болгон ва күнүмүрүнүн амалий масалалар этиш ордан кыла бойггалалар, Шуныгыдек дереклик ва

Узул күрсеткмелер асоста ташыклар бөлүмүрүн мүстүмүлөштүргө этиш, ташыклар материаларын бойггалаш, илчий мейдалар ва ташыкларын чыгыш этиш ордан ташыклар бөлүмүнүн ашарыш, масалалар этиш, мейдалар буйла күрсеткме курслар ташыш ва бошкарар ташыш этиш

Амалий машгүлөлөрүн ташыш этиш буйла

- Көчүрүшүмүрүш тог жинелерин хаво руданы үчүрүшүмүрүш этиш ташыкларын шамолаттын сымакында хаво мейдаларын аяш.
- Канераларын этиш түрүлөктөгү шамолаттын хаво сыфын аяш.
- Көчүрүшүмүрүш руда мейдаларын аяш этиш ордан уучталарын шамолаттын хособлаш.
- Катта каменликтеги руда ташыкларын түсүшүмүрүш этиш этиш ташыкларын шамолаттын параметрларын хособлаш.
- Көчүрүшүмүрүш шахталарда хаво гиз чыгыш күрсеткмен буйла максимал аяш мейдаларын аяш.
- Руда мейдаларын аэосей гиз чыгышүмүрүш факторларга бөлүш этиш шамолаттын узулун ташаш.
- Көчүрүшүмүрүш мейдаларын этишүнүн күрсеткмен буйла босолаш.
- Көчүрүшүмүрүш шамолаттын хаво сыфын аяш.
- Аэосей шамолаттын узулунүн параметрларын хособлаш.
- Шахтаын шамолаттын сымакына сымакына хособлаш.

Лаборатория мейдаларын ташаш этиш буйла күрсеткмелер

Фон буйла лаборатория мейдаларын ташаш узул рудада кыла тугулаш.

Көчүрүшүмүрүш ташаш этиш буйла үчүрүшүмүрүш күрсеткмелер

Көчүрүшүмүрүш ташыкларын мүстүмүрүш этиш көчүрүшүнүн риваклетарда, Көчүрүшүмүрүш ташыкларын ташаш мейдалар ва күрсеткме этиш буйла үчүрүшүмүрүш бератылган мейдалар асоста босолот.

Көчүрүшүмүрүш аэосей мейдаларын ташаш этиш ордан босолот ва хаво бөлүшүмүрүш аяш, Көчүрүшүмүрүш көчүрүшүмүрүш шамолаттын ташыкларын аяш, Көчүрүшүмүрүш күрсеткмелер этиш чыгыш узулду мейдаларын аэосей параметрларын хособлаш, Лакхларын жойгон шамолаттын сымакларын ташаш, уучталарын ва зарур хаво мейдаларын аяш.

Көчүрүшүмүрүш күрүшүмүрүш ташыкларын шамолаттын сымакларын аяш ва мейдаларын күрсеткме хаво босолот.

Көчүрүшүмүрүш ташыкларын кафедрга күрүшүмүрүш этиш ташыкларын.

Мустақил таълимни ташкил этишининг шакли ва мазмуни.

«Шахталар аэрологичес» фирмени ўргатувчи талабалар аудиторияда олган назарий bilimларини мустақамлаш ва истиқобидлагги амалий масалаларни ечишда қўйилма ҳосил қилиш учун мустақил таълимни ташкил асослашиб, кафедрани ўқитувчиларни раҳбарлигида, мустақил иш бажарадилар. Булар улар қўлимча алабийларини ўргатиб ҳақиқат интернет сайтларини фойдаланиб рефератлар ва аслий докларлар тайёрлайдилар, амалий машғулот мавзусига доир уй вақфаларини бажарадилар, кўргазмални курслар ва слайдлар тайёрлайдилар.

Таълиб мустақил таълимни тайёрлашда муайян фирмени хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда қуйидаги шакллардан фойдаланишга тилина этилади.

Таълим этилаётган мустақил ишларнинг мазмуни

- Тоғ масалаларида шимоллашти қуралмаларини қотарин (мустақамлаш) қуралмалари.
- Шимоллашти ускуналари ва уларнинг хусусиятлари.
- Ер ости аэрологичес нишостлари ва уларнинг сифлари.
- Ер ости қон ахқимларини ўтишда қўлланиладиган ҳудудий вентиляторлар ва уларнинг таснифлари.
- Ҳаво қурувлари ва уларнинг рурлари.
- Қиш ойларда ҳавони нормал ҳолатга елтиш қуралмалари.
- Асосий ва ёрдамчи шимоллашти ускуналари ва уларнинг боғлиқлиги.
- Вентиляторларни танлаш ва ишлаш асослари.
- Ҳаво сифатини бошқариш, ҳавонинг сифатини текшириш участкалари.
- Табиий шимоллашти стемалари, уларнинг ютуқ ва камчиликлари

Дастурнинг информатсион-услубий таъминоти

Мазкур фирмени ўқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик ва ахборот-коммуникация технологияларининг қўлланилиши, интернет сайтлари, фалга доир янги ўқув алабийлар, ўқув-услубий қўланмалар, даярий нашрлар, соҳага тегишли бўлган турли исломий журналлардан фойдаланиш назарда тутилган.

Фойдаланиладиган алабийлар рўйхати

Асосий алабийлар

1. Каледина Н.О. Вентиляция производственных объектов. - М.: МГТУ, 2001, 194 с.
2. Пучков Л.А., Саватунов С.В., Колыков К.С. Проблемы шахтного метана. - М.: МГТУ, 2002. 410 с.
3. «Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом», - Ташкент, «САНОАТТЕХНОТЕХНАЗОРРАТ»-2010.

Қўшимча алабийлар

1. Субботин А.И. Управление безопасностью труда.- М.: МГТУ, 2004, 266 с.
2. Малюкина В.А. Дегазацияные установки.- М.: МГТУ, 2000. -190 с.
3. Керин Б.Ф., Каледина Н.О., Слепцов Г.И. Защита в чрезвычайных ситуациях. - М.: МГТУ, 2004, -285 с.
4. Ю. Г. Скряжков, "Система разработки и комплекс самозащитных машин при подземной добыче руд", М. "Недра", 1978г.

Интернет сайтлари

1. www.zubnet.uz - Ахборот таълим тармоғи
2. www.eibvayu.ru - Иллий электрон кутубхона.
3. www.NGMK.uz - Навоий қон-металлургия қамбаниги.
4. www.AGMK.uz - Олмалик қон-металлургия қамбаниги.
5. www.esl.ru - Россия давлат кутубхонаси.
6. www.lex.uz - Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари маълумотлари иллий базаси.

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»**



РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине:

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

УЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
НАВОИЙ КОН-МЕТАЛЛУРГИЯ КОМБИНАТИ
НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ

Кончилик факультети
“Кончилик иши” кафедраси

Руйхатга олинди

№ 20-Кч(р)

2016 йил 30 август

«ТАСДИКЛАЙМАН»

Укув ишлари бўйича Проректор

Н. А. Абдуазизов

« 30 » август 2016 й

ШАХТА ВА РУДНИКЛАР АЭРОЛОГИЯСИ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ
ФАНИНИНГ ИШЧИ УКУВ ДАСТУРИ

Билим соҳаси: 300000 - Ишлаб чиқариш - техник соҳа
Т аълим соҳаси: 310000 - Мухандислик иши
Мутахассислик: 5А311601 - Фойдали қазилма конларини қазिश
(ер ости усулида)


Курс	2
Семестр	3
Жами	150
Маъруза	50
Амалий машғулот	50
Мустақил таълим	50
Назорат тизими	рейтинг

НАВОИЙ – 2016 г.

Ишчи ўқув дастур давлат стандарти ва намунавий ўқув дастури асосида тузилган.

Ишчи ўқув дастури «Кончилик ишлари» кафедраси йиғилишида муҳокама килинган ва тасдиқлаш учун тавсия этилган. 2016 йил 25 август, № 1- сонли баённома


«Кончилик ишлари»
кафедраси мудири



Тухташев А.Б.

Ишчи ўқув дастури «Кончилик факультети» кенгашида муҳокама килинган ва тасдиқлаш учун тавсия этилган. 2016 йил 26 август, № 1- сонли баённома


Кончилик факультети декани



Н. Н. Атакулов

Келишилган:

Уқув услубий булим бошлиги



Н. У. Толипов

КИРИШ

Ер ости конларда фаолият курсатаётган ходимларнинг хаёти, соғлиги ва иш унумдорлиги куп жихатдан шахта атмосфера шароитига, яъни шахталар иш жойларининг шамоллтилиш даражасига боғлиқ. Шунинг учун шамоллатиш ишларига катга эътибор берилиши зарур.

“Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фанининг негизи шахталар хавосининг химик таркиби, физик-химик хоссалари, газ чиқиш манбалари ва уларга қарши курашиш усуллари, кон чанглари манбалари ва уларни чиқариш даражасини пасайтириш омиллари, шахта қазилмагоҳларида хавонинг ҳаракатланиш қонуниятлар’и ва уларнинг аэродинамик қаршилиқлари, шахтанинг шамоллатиш тармоғи ҳаво оцимини тақсимлаш ва бошқариш каби ишлар урганиш ташкил қилади.

Фаннинг мақсади ва вазифалари

“Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фанини уқитишдан мақсад Талабапар шамоллатиш ишлари техникаси, технологик схемалар ва уларни қуллаш шароитларини урганганҳолда, бу борадаги назарий- амалий ишларни таҳлил қилиш, муаммолар ечими юзасидан мустақил равишда изланишлар, тадқиқотлар олиб бориш, техник қарорлар қабул қилиш қуникмаларини урганишлари қутилади.

Фаннинг вазифаси - талабаларни ер ости ишлари шамоллатиш ишларини лойиҳалаш, ташкил этиш ва бошқариш буйича билим ва қуникмалар беришдан иборат.

Дастур фан соҳасидаги янги техника ва технология ютуқлари, уқи гишнинг замонавий информацион ва педогогик технологиялари уз аксини топган, фан мазмуни эса йуналиш давлат таълим стандартлари талабларига мувофиқ тузилган.

Фан буйича талабаларнинг билим, қуникма ва малакаларига қуйиладиган талаблар

“Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фанини узлаштириш жараёнида амалга ошириладиган масалапар доирасида магистр: конларда рудаларни майдалашни лойиҳалаш, қуриш ва шунинг билан бирга бу жараёнда ишловчи ишчиларни тоза ҳаво билан таъминлаш;

фан ва техниканинг замонавий ютуқларидан фойдаланган ҳолда кон қорхоналарида кон массасини очиш, тайёрлаш, қазиб олиш ва портлатиш ишлари натижасида чиқадиган захарли газларни хавфсиз даражаси ҳақида тасаввурга эга бўлиши; ҳудудий ва асосий шамоллатиш усқуналари ҳамда уларнинг конструкцияси ал охи да элементлари улчамлари, энергия сарфи, частотаси, ҳаво узатиш тезлиги;

- шахтадаги газлар миқдорини ҳисоблаш усуллари;
- шахталарни шамоллатиш усуллари ва назарий асослари;
- шахталарнинг газлар буйича категориялари;
- шахтапарда аэродинамика қонуниятларини *билиши ва уларда фойдалана олиши*;
- шамоллатишнинг самарадорлигини таъминлаш, техник-икгисодий асослаш;
- ер ости иншоотлари учун шамоллатиш схемасини лойиҳалаш, қуриш ва асосий ҳисобларини бажариш;
- ҳаво босими ва бошқа қураткичларини (шу жумладан компьютер техникасини қуллаб) аниқлаш қуникмаларга эга бўлиши керак.

Фаннинг уқув режадаги бошқа фанлар билан узаро боғлиқлиги ва услубий жихатдан узвийлиги

Дастурни амалга ошириш ушбу уқув фани буйича узлаштирилган маълумотларга ҳамда уқув режасида режалаштирилган математик ва табиий (олий математика; физика, назарий механика), умум қасбий (қизма геометрия ва инженерлик графикаси; геология; ер ости кон ишлари жараёнлари ва технологияси фанларидан етарли билим ва қуникмаларга эга бўлишлик талаб этилади.

Фанни укитишда замонавий ахборот ва педагогик технологиялар

Талабаларнинг “Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фанини узлаштиришлари учун укитишнинг илгор ва замонавий усулларидан фойдаланиш, янги информацион-педагогик технологияларни тадбир қилиш муҳим аҳамиятга эгадир. Фанни узлаштиришда дарслик, укув ва услубий кулланмалар, маъруза матнлари, таркатма материаллар, электрон материаллар, виртуал стендлар ҳамда ер остида рудаларни қазиб олиш иншоотларининг макетларидан фойдаланилади. Маъруза, амалий ва лаборатория дарсларида мос равишдаги илгор педагогик технологиялардан фойдаланилади.

“Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фанини укитишда кургазмали куроллар, техникавий воситалар ва бошқа дидактик материаллар (технологик харитапар, меҳнат жараёнлари харитаси, топшириклар, машқлар) дан ташқари замонавий компьютерлар, мультимедиа ва интернет тармоқларидан ҳамда видео тасвири дисклардан ҳамда кассеталардан фойдаланиш йуллари тавсия этилади. Укув жараёнларида талабаларнинг мантикий самарали фикр юритишга ургатиш учун уларнинг ижодкорлик кучидан фойдаланиш технологиялари қўлланилади.

Таълим беришнинг ақд (сия)ни зур бериб ишга соладиган усуллардан, иш учун фойдапи уйинлардан, можароли вазиятлардан ва бошқа иш билармонлик уйинларидан фойдаланилади.

- укитишнинг интерфаол методи;
- **муаммоли укитиш технологияси;**
- уйинли технологиялар;
- танкидий фикрлашни ривожлантиришнинг педагогик стратегиялари;
- шахсий йуналганлик асосидаги педагогик технологиялар;
- укув жараёнини самарали бошқариш ва ташкил қилиш асосидаги педагогик технологиялар;
- укитишни дифференциациялаш;
- укитишни индивидуаллаштириш технологияси;
- **дастурий укитиш технологияси;**
- укитишнинг комплекс методлари (лойихавий метод, тармоқди режалаштириш методи, ақлий ҳужум, ассоциограммалар методи ва х.к.).

АСОСИЙ ҚИСМ

Фанга кириш

“Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фани тарихи ва ривожланиш тенденциялари. “Шахта ва рудниклар аэрологияси назарий асослари” фани тугрисида умумий маълумотлар. Шахталарда аэрология ҳамда шамоллатиш борасидаги систематик қурилишни лойихалаш соҳасида республикамиздаги ижтимоий- иқтисодий ислохатлар натижалари, ҳудудий муаммолар ва илм - фан, техника ва технология ютуқлари. Фаннинг максуди ва вазифалари.

Ер атмосфераси, рудник атмосфераси, рудник хавосидаги асосий захарли аралашмалар

Ер атмосфераси хавосишга асосий ташкил этувчилари, уларнинг таркибий қисмлари, аҳамияти. Рудник атмосфераси, рудник атмосферасида учрайдиган чанглар, метан ажралишининг ва ёнгин чиқишининг олдини олиш ҳамда шахтанинг климатик шароитларига боғлиқ равишда керак бўладиган чора-тадбирларни танлаш ва асослаш.

Шахта аэродинамикаси

Аэростатик ва аэродинамик босим, хавонинг ламинар ҳамда турбулент оими, худудий аэродинамик ва тугридан-тугри аэродинамик каршиликлар Кон лахимлари ва ковжойдаги хавонинг статик босими, ковжойда юзага келадиган хаво оимини бошқариш ҳамда керакли булган ламинар оимни таъминлаб берувчи шамоллатиш схемаси ва ускуналарини танлаш

Депрессия, босим, хавонинг чикиб кетиши, шамоллатиш усуллари ва схемалари. Хаво харакатини бошқарувчи шахта усти иншоотлари ҳамда ускуналари. Шахтанинг шамоллатиш тармогини моделлаштириш.

Шамоллатишнинг асосий конунлари

Шамоллатишнинг асосий конунлари. Аэростатика конунлар. Хавонинг мувозанатлик тенгламаси. Барометрикхисоблар. Паскальва Архимед конунларининг кончилик соҳасида кулланилиши. Шахта аэродинамикасининг асосий конунлари. Харакатланаётган хаво босимининг турлари. Шахтада хаво харакатининг режимлари, Рейнольдс сони. Шахтадаги хаво оимларининг турлари. Хаво массасининг сакланиш конуни. Хаво энергиясининг сакданиш конуни. Хаво каршилиги конуни.

Кон лахимларида газ чанг манбалари ва таркалиш хусусиятлари

хаво нобудгарчиликлари. Лахимларни ва шахтани шамоллатиш усуллари, уларни моделлаштириш ва хисоблаш

Кон лахимларини бир-бирига улаш турлари. Тармоқларни хисоблаш ва моделлаштириш усуллари. Табиий тортиш ва унинг шахталарни шамоллатишдаги урни. Табиий тортишни хисоблаш.

Шахтада хаво нобудгарчиликлари, уларнинг турлари ва ахамиятиДаво нобудгарчиликларини камайтириш. Кон лахимларида газ ва чангнинг таркалиш хусусиятлари. Шамоллатиш газ ва чангга карши курашишда асосий усул сифаггида.

Кумир ва руда шахталарининг казиш лахимлари ва казиш майдонларини шамоллатиш усуллари ва схемалари, уларнинг афзаллик ҳамда камчиликлари. Казиш майдонини шамоллатиш схемасини танлаш. Боши берк лахимларни шамоллатиш. Махаллий вентилятор, йуналтирилган тусик, кувур, скважина, эжектор ва паралпел лахим ёрдамида шамоллатиш. Хайдовчи, сурувчи ва аралаш усулда шамоллатиш. Махаллий шамоллатишнинг асосий улчамларини хисоблаш.

Шахтани шамоллатиш схемалари ва усуллари. Шахталарни хайдовчи, сурувчи ва аралаш усулда шамоллатиш, уларнинг моҳияти ва кулланиш шароитлари.

Шахталарни шамоллатишни лойихалаштириш

Шахталарни шамоллатишни лойихалаштириш буйича у мумий тушунчалар. Шахта ва казиш майдонларини шамоллатиш схемаси ва усулини танлаш. Шахта атмосферасига ажралиб чикувчи зарарли газларнинг ажралиб чикиши назарияси. Шахтани шамоллатиш учун бериладиган хаво микдорини хисоблаш. Шахта депрессиясини хисоблаш. Бош вентиляторни танлаш.

Амалий машгулотларни ташкил этиш буйича курсатма ва тавсиялар

Амалий машгулотларни ташкил этиш буйича кафедра профессор- укшувчилари томонидан курсатма ва тавсиялар ишлаб чикдпади. Унда талабалар асосий маъруза мавзулари буйича олган билим ва куникмаларини амалий масалалар ечиш оркали янада бойитадилар. Шунингдек дарслик ва укув кулланмалар асосида талабалар билимларини мустахкамлашга эришиш, таркатма

материаллардан фойдаланиш, илмий мақолалар ва тезисларни чоп этиш орқали талабалар билимини ошириш, масалалар ечиш, мавзулар буйича кургазмали куроллар тайёрлаш ва бошқалар тавсия этилади

Амалий машгулотларнинг тахминий руйхати

- Копловчи тоғ жинсларини ҳамда рудани упириб олиш тизимида шамоллатишга сарф буладиган ҳаво мивдорини аниқлаш.
- Камераларни эркин турбулент оқимда шамоллатишда ҳаво сарфини аниқлаш.
- Катламли нишаб руда конларини вазиб олишда казиб олиш учатқаларини шамоллатишни ҳисоблаш.
- Катта калинликдаги руда таналарини тусинли казиб олиш тизимида шамоллатиш параметрларини ҳисоблаш.
- Кумир шахталарида лавага газ чқариш курсаткичи буйича максимал юклама мивдорини аниқлаш.
- Руда конларида асосий газ чиқарувчи факторларга боғлиқ равишда шамоллатиш усулини танлаш;
- Казиб олиш майдонининг $u^{лчамини}$ газчанлик курсаткичи буйича баҳолаш.
- Кумир шахтасини шамоллатишда ҳаво сарфини аниқлаш.
- Асосий шамоллатиш усқунасини параметрларини ҳисоблаш.
- Шахтани шамоллатишнинг сарф харажатлари.

Лаборатория ишларини ташкил этиш буйича курсатмалар

Фан буйича лаборатория ишлари намунавий укув режада кузда тутилмаган.

Курс лойихасини ташкил этиш буйича услубий курсатмалар

Курс лойихаси талабаларни мустақил ишлаш қобилиятини ривожлантиради. Курс лойихаси талабанинг танлаб олган мавзуси ва курени олиб борувчи укутувчи томонидан берилган вазифа асосида бажарилади.

Курс иши куйидаги асосий масалаларни тахлил этган ҳолда бажарилади ва ҳулоса билан яқунланади. Конни ёки кон булинмасини шамоллатиш тизимларини танлаш ва асослаш, кон бош вентилятор курилмасининг ишлаб чиқариш унумдорликлари ва асосий параметрларини ҳисоблаш. Лаҳмларни жойли шамоллатиш схемаларини танлаш, улчамларини ва зарур ҳаво мивдорини аниқлаш.

Курс лойихаси куриб чиқилган технологик шамоллатиш схемаларнинг афзаллиги ва нуқсонларини курсатган ҳулоса билан яқунланади.

Курс лойихаси топшириқлари кафедрада куриб чиқилади ва тасдиқланади

Мустақил таълимни ташкил этишнинг шакли ва мазмуни

«Шахталар аэрологияси» фанини Урганувчи талабалар аудиторияда олган назарий билимларини мустақамлаш ва иқгисодиётдаги амалий масалаларни ечишда куниқма ҳосил қилиш учун мустақил таълим тизимига

асосланиб, кафедра укутувчилари раҳбарлигида, мустақил иш бажарадилар. Бунда улар қушимча адабиётларни урганнб ҳамда интернет сайтларидан фойдаланиб рефератлар ва илмий докладлар тайёрлайдилар, амалий машгулот мавзусига дойр уй вазифаларини бажарадилар, кургазмали куроллар ва слайдлар тайёрлайдилар.

Талаба мустақил таълимни тайёрлашда муайян фаннинг ҳусусиятларини ҳисобга олган ҳолда куйидаги шакллардан фойдаланишга тавсия этилади.

Тавсия этилаётган мустикал ишларнинг мавзулари

- Тог массивларида шамоллатиш курилмаларини котириш (мустахамлаш) курилмалари.
- Шамоллатиш ускуналари ва уларнинг хусусиятлари.
- Ер ости аэрологияси иншоотлари ва уларнинг синфлари.
- Ер ости кон лахимларини утишда кулланиладиган худудий вентиляторлар ва уларнинг таснифлари;
- Хаво кувурлари ва уларнинг рурлари.
- Киш ойларида хавони нормал ҳолатгача иситиш курилмалари.
- Асосий ва ёрдамчи шамоллатиш ускуналари ва уларнинг боғлиқлиги.
- Вентиляторларни танлаш ва ишлатиш асослари.
- Хаво сифатини бошқариш, хавонинг сифатини текшириш участкалари.
- Табиий шамоллатиш схемалари, уларнинг ютуқ ва камчиликлари

Дастурнинг информацион-услугий таъминоти

Мазкур фанни уқитиш жараёнида таълимнинг замонавий методлари, педагогик ва ахборот-коммуникация технологияларининг кулланилиши, интернет сайтлари, фанга дойр янги уқув адабиётлар, уқув-услугий кулланмалар, даврий нашрлар, соҳага тегишли булган турли илмий журналлардан фойдаланиш назарда тутилган.

ШАХТА ВА РУДНИКЛАР АЭРОЛОГИЯСИ НАЗАРИЙ АСОСЛАРИ фанидан талабалар билимини баҳолаш мезони

Баҳолаш мезонлари Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2010 йил 25 августдаги 333-сонли буйруғи билан Низомга ўзгартириш ва қўшимчалар киритилган ҳамда Ўзбекистон Республикаси Адлия вазирлигида 2010 йил 26 августда 1981-1-сонли билан давлат рўйхатидан қайта ўтказилган “Олий таълим муассасаларида талабалар билимини назорат қилиш ва баҳолашнинг рейтинг тизими тўғрисидаги Низом” талабларига мувофиқ, Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг 2009 йил 14 августдаги “Талабалар мустикал ишларини ташкил этиш” тўғрисидаги 286-сонли буйруғи иловасидаги йўриқнома ҳамда “Конларни очик усулда қазиб олиш технологиясининг назарий асослари” фанининг ишчи ўқув дастури асосида ишлаб чиқилган.

Рейтинг назорати жадваллари, назорат тури, шакли, сони ҳамда ҳар бир назоратга ажратилган максимал балл, шунингдек жорий ва оралик назоратларнинг саралаш баллари ҳақидаги маълумотлар фан бўйича биринчи машғулотда талабаларга эълон қилинади.

1. НАЗОРАТ ТУРЛАРИ ВА БАҲОЛАШ ТАРТИБИ.

“Ер ости кон ишларининг долзарб муоммолари” фани 5А311601 –“Фойдали қазилма конларини қазиб (ер ости усулда)” мутахасислиги магистратура таълими 1 курс талабалари учун мўлжалланган, бўлиб ўқув режаси бўйича 2 семестрларда ўрганилади.

Талабаларнинг билим савияси ва ўзлаштириш даражасининг Давлат таълим стандартларига мувофиқлигини таъминлаш учун қуйидаги назорат турларини ўтказиш назарда тутилади:

жорий назорат – талабанинг “Ер ости кон ишларининг долзарб муоммолари” фани мавзулари бўйича билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. Жорий назорат “Ер ости кон ишларининг долзарб муоммолари” фанининг хусусиятидан келиб чиққан ҳолда, тайёрланган тажриба ишларини оғзаки сўров ва амалий ишлари берилган уй вазифаларини текшириш ва суҳбат ўтказиш орқали амалга оширилади;

оралиқ назорат – семестр давомида ўқув дастурининг тегишли (фаннинг бир неча мавзуларини ўз ичига олган) бўлими тугаллангандан кейин талабанинг билим ва амалий кўникма даражасини аниқлаш ва баҳолаш усули. Оралиқ назорат бир семестрда икки марта ўтказилади, унинг шакли ёзма иш шаклида ўтказилиб ўқув фанига ажратилган умумий соатлар ҳажмидан келиб чиққан ҳолда белгиланади;

якуний назорат – семестр якунида муайян фан бўйича назарий билим ва амалий кўникмаларни талабалар томонидан ўзлаштириш даражасини баҳолаш усули. Якуний назорат асосан таянч тушунча ва ибораларга асосланган “Ёзма иш” шаклида ўтказилади.

Талабаларнинг билим савияси, кўникма ва малакаларини назорат қилишнинг рейтинг тизими асосида талабанинг “Ер ости кон ишларининг долзарб муоммолари” фани бўйича ўзлаштириш даражаси баллар орқали ифодаланади.

Ҳар бир фан бўйича талабанинг семестр давомидаги ўзлаштириш кўрсаткичи 100 баллик тизимда бутун сонлар билан баҳоланади.

Ушбу 100 балл назорат турлари бўйича жорий ва оралик назоратларга – 70 балл ва якуний назоратга – 30 балл қўйиш билан тақсимланади.

2. РЕЙТИНГ ЖАДВАЛИ.

5A311601 – “Фойдали қазилма конларини қазिश (ер ости усулда)” мутахасислиги

Т/р	Курс	Семестр	Ҳафталар сони	Семестрда фанга ажратилган умумий соат (рейтинг балли)	Маъруза	Амалий машғулотлар	Мустақил иш соати	Аб-аудитория баллари Мб-мустақил иш баллари	Назорат турлари											Курс лойиҳаси мавжуд фанларга	
									Жами соат % ҳисобида	ЖН	ЖН – 1	ЖН – 2	ОН	ОН – 1	ОН – 2	∑ЖН+ОН	Саралаш балли	ЯН	ЯНни ўтказиш шакли		Ўзлаштириш кўрсаткичи
1	1	1	18	150	50	50	50	Аб	100	35	17	18	35	17	18	70	39	30	ёзма	100	

3. ФАННИНГ РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ ВА МЕЗОНЛАРИ

3.1. РЕЙТИНГ ИШЛАНМАСИ

Т/р	Назорат турлари	Сони	Балл ва сони	Жами балл
1. ЖН умумий 35 балл				
1.1.	1÷25 - амалий машғулотларни бажариш	25	0,84 x25=21	35
1.2.	Мустақил иш	1	14*1=14	
2. ОН умумий 35 балл				
2.1.	1 – оралик назорат, ёзма иш (2 та савол)	1	5x2=10	21
2.2.	2 – оралик назорат, ёзма иш (2 та савол)	1	5.5x2=11	
2.3.	Мустақил иш	2	7x2	14
∑ЖН+ОН				70
3. ЯН				
3.1.	Якуний назорат, ёзма иш (3 та савол)	1	10x3=30	30
Жами				100

3.2. БАҲОЛАШ МЕЗОНЛАРИ.

ЖОРИЙ НАЗОРАТ.

3.3.1. 1÷25- амалий иш топшириқларини тўла бажарган талабага 0,72-0,84 балл берилади, агар тўла сифатли бажарган лекин берилган саволларга жавоб бериш даражасига қараб 0,59 – 0,71 баллгача берилади, агар тўла бўлмаса бажариш даражасига қараб 0,46 – 0,58 баллгача берилади.

ОРАЛИК НАЗОРАТ

3.5.1. Оралиқ (1 – оралиқ) баҳолаш ёзма тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади ва саволлар 10 балгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилган бўлса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 8,6 – 21 балл
- саволларга умумий жавоб берилган, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаган бўлса – 7,1 – 8,5 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинган, чалкашликлар бўлса – 5,5 – 7,0 баллгача берилади.

II-ОРАЛИҚ НАЗОРАТ САВОЛЛАРИ

3.5.2. Оралиқ (2 – оралиқ) баҳолаш ёзма тартибда ўтказилиб, унда 2 та саволга жавоб бериш сўралади ва саволлар 11 баллгача баҳоланади.

- агар саволлар моҳияти тўла очилган бўлса, жавоблар тўлиқ ва аниқ ҳамда ижодий фикрлари бўлса – 9,46 – 11 балл
- саволларга умумий жавоб берилган, аммо айрим фактлар тўлиқ ёритилмаган бўлса – 7,81 – 9,35 баллгача
- саволларга жавоб беришга ҳаракат қилинган, чалкашликлар бўлса – 6,05 – 7,7 баллгача берилади.

1.4.1. ЯКУНИЙ БАҲОЛАШ МЕЗОНИ:

1.4.2. Якуний баҳолашда талаба 3 та саволга ёзма жавоб бериши лозим.

- ҳар бир ёзма саволга 10 балл ажратилади.
- агар саволларнинг моҳияти тўла очилган, асосий фактлар тўғри баён қилинган бўлса – 25,8 – 30 балл
- саволларга тўғри жавоб берилган, лекин айрим камчиликлари бор бўлса – 21,3 – 25,8 баллгача
- берилган саволларда жавоблар умумий ва камчиликлар кўпроқ бўлса – 16,5 – 21,3 баллгача берилади

ЯКУНИЙ БАҲОЛАШДА ЁЗМА ИШНИ ЎТКАЗИШ ТАРТИБИ

Талабалар билимини рейтинг тизими бўйича баҳолашнинг ёзма иш усули, талабаларда мустақил фикрлаш ва ўз фикрини ёзма ифодалаш кўникмаларини ривожлантиради.

Фанлардан якуний назорат ёзма иш шаклида ўтказилади. Ёзма иш саволлари ва вариантлари ҳар ўқув йилининг бошида кафедра профессор-ўқитувчилари томонидан янгидан тузилиб, кафедра мажлисида муҳокама этилади ва тасдиқланади.

Ёзма ишнинг ҳар бир варианты бўйича қўйилган саволларнинг мазмуни, қамров даражаси ва аҳамиятлиги даражаси кафедра мудирини томонидан текширилиб, унинг имзоси билан тасдиқланади. Ёзма ишни ўтказиш асосан семестрнинг сўнгги икки ўқув ҳафталарига мўлжалланган бўлиб, у белгиланган ҳафталардаги мазкур фан бўйича ўқув машғулотида чоғида ўтказилади. Ёзма иш вариантыда 3 та савол таянч иборалари билан келтирилади. Ёзма ишларни баҳолаш мезонлари якуний баҳолашга ажратилган 30 баллдан келиб чиққан ҳолда ишлаб чиқилади, яъни ҳар бир саволга максимум 10 баллдан тўғри келади. Ёзма иш ўтказилгандан кейин икки кун давомида профессор-ўқитувчилар уни текшириб баҳолайдилар ва талабалар эътиборига етказилади. Ёзма иш ҳажми талабанинг фан бўйича тасаввури, билими, амалий кўникмасини баҳолаш учун етарли бўлиши зарур.

2. РЕЙТИНГ НАТИЖАЛАРИНИ ҚАЙД ҚИЛИШ ТАРТИБИ

Фанлардан талабанинг билимини баҳолаш турлари орқали тўплаган баллари ҳар бир семестр якунида профессор-ўқитувчи томонидан рейтинг қайдномаси ва талабанинг рейтинг дафтарчасига бутун сонлар билан қайд қилинади.

Фойдаланиладиган адабиётлар руйхати

Асосий адабиётлар

1. Олий таълим. Меъерий ҳужжатлар туплами. Т., «Шарк», 2011.
2. Каледина Н.О. Вентиляция производственных объектов. - М.: МГГУ, 2001, 194 с.
3. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Проблемы шахтного метана. - М.: МГГУ, 2002., 410 с.
4. “Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом”, - Ташкент, “САНОАТГЕОКОНТЕХН АЗОР АТ”.-2010.

Кушимча адабиётлар

1. Скопинцева О. В. Методические указания для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине “Аэрология горных предприятий”. М.: МГГУ, 2004, -36 с.
2. Порцевский А. К., Комаров Е. И. Вентиляция шахт. Аэрология карьеров. Учебное пособие. М.: МГОУ, 2004, -49 с.(1 издание)
3. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
4. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.Недра, 1971.- 376 с.
5. Субботин А.И. Управление безопасностью труда- М., МГГУ, 2004,266 с.
6. Малашкина В.А. Дегазационные установки,- М.: МГГУ, 2000. -190 с.
7. Кирин Б.Ф., Каледина И.О., Слепцов Г.И. Защита в чрезвычайных ситуациях. - М.: МГГУ, 2004, -285 с.
8. Ю. Г. Скорняков, “Системы разработки и комплексы самоходных машин при подземной добыче руд”, М. “Недра”, 1978г.

Интернет сайтлари

1. www.ziynet.uz — Ахборот таълим тармоги
2. www.elibrary.ru - Илмий электрон кутубхона.
3. www.NGMK.uz - Навоий кон-металлургия комбината.
4. www.AGMK.uz - Олмалик кон-металлургия комбината.
5. www.rsl.ru - Россия давлат кутубхонаси.
6. www.lex.uz - Узбекистон Республикаси конун ҳужжатлари маълумотлари миллий базаси.

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

Календарный план (2016-2017 учебный год) I-семестр

(Лекция, лаборатория, практическая занятия)

Наименование предмета: **Теоретические основы аэрология шахт и рудников**

Лекция читает Хакимов Ш.И. Факультет Магистратура

Консультация, практические и лабораторные занятия Хакимов Ш. И.

Курс I

Группа

№	Виды занятий	Тема и краткое содержание	Информация о выполнении работ			
			Отвечено	Число	Кол. час.	Подпись
1	Лекция	Введение. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками	2			
Часть I Рудничная атмосфера						
2	Лекция	<u>Рудничный воздух</u>	2			
3	Лекция	<u>Метан, его происхождение и свойства</u>	2			
4	Лекция	Метанообильность горных выработок и шахт	2			
5	Лекция	Внезапные выбросы угля и газа в шахтах	2			
6	Лекция	Борьба с выбросами угля и газа в шахтах	2			
7	Лекция	Борьба с метаном методами дегазации	2			
8	Лекция	Рудничная пыль	2			
9	Лекция	Тепловой режим шахт	2			
Часть II Рудничная аэродинамика						
10	Лекция	Основные понятия рудничной аэродинамики	2			
11	Лекция	Основные определения рудничной аэродинамики	2			
12	Лекция	Аэродинамическое сопротивление горных выработок	2			
13	Лекция	Шахтные вентиляционные сети	2			
14	Лекция	Методы расчета шахтных вентиляционных сетей	2			
15	Лекция	Виды вентиляционных соединений и их расчет	2			
16	Лекция	Расчет сложных вентиляционных соединений	2			
17	Лекция	Анализ работы вентиляторов на вентиляционную сеть	2			
18	Лекция	Естественная тяга воздуха в шахтах	2			
19	Лекция	Регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети	2			
20	Лекция	Способы регулирования подачи воздуха в шахт	2			
Часть III Проветривание шахт						
21	Лекция	Проветривание подземных выработок при их сооружении	2			
22	Лекция	Проветривание горизонтальных и наклонных выработок	2			
23	Лекция	Проветривание очистных выработок	2			
Часть IV Проектирование вентиляции шахт и рудников						
24	Лекция	Проектирование вентиляции шахт	2			
25	Лекция	<u>Промышленная вентиляция</u>	2			
ВСЕГО ЛЕКЦИИ			50			

Преподаватель _____ доц. Хакимов Ш. И.

Зав. кафедрой _____ к.т.н. Тухташев А.Б.

Календарный план (2016-2017 учебный год) I-семестр

(Лекция, лаборатория, практическая занятия)

Наименование предмета: **Теоретические основы аэрология шахт и рудников**

Лекция читает Хакимов Ш.И.

Факультет Магистратура

Консультация, практические и лабораторные занятия

Хакимов Ш. И.

Курс I

Группа _

№	Виды занятий	Тема и краткое содержание	Информация о выполнении работ			
			Отвечено	Число	Кол. час.	Подпись
1	Практические	Прогнозирование и способы предотвращения выбросоопасности	2			
2	Практические	Дегазация при проведении подготовительных выработок	2			
3	Практические	Отрицательное регулирование распределения воздуха	2			
4	Практические	Положительного регулирование распределения воздуха	2			
5	Практические	Расчет естественной вентиляции	2			
6	Практические	Расчет простых последовательных и параллельных вентиляционных соединений	2			
7	Практические	Расчет простых диагональных и параллельно-последовательных вентиляционных соединений	2			
8	Практические	Виды сложных вентиляционных соединений и методы расчета	2			
9	Практические	Преобразование треугольника в звезду при сложных вентиляционных соединениях	2			
10	Практические	Расчет вентиляционных сетей графическими методами	2			
11	Практические	Расчет величины депрессии естественной тяги	2			
12	Практические	Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания стволов	2			
13	Практические	Выбор трубопровода и вентилятора при проведение стволов	2			
14	Практические	Выбор способа проветривания и необходимого количество воздуха при проходке горизонтальных тупиковых выработок	2			
15	Практические	Выбор типа и диаметра вентиляционного трубопровода.	2			
16	Практические	расчёт аэродинамических параметров трубопроводов	2			
17	Практические	Расчет депрессии вентиляционных трубопроводов	2			
18	Практические	Выбор типа и количество вентиляторов местного проветривания при проходке горизонтальных тупиковых выработок	2			
19	Практические	Составление паспорта проветривания.	2			
20	Практические	Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания очистных, нарезных и подготовительных выработок на подземных рудниках с самоходными машинами	2			
21	Практические	Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания очистных выработок угловых шахт	2			
22	Практические	Расчет вентиляционной сети	2			
23	Практические	Эксплуатационный расчет вентиляторов главного проветривания	2			
24	Практические	Проектирование вентиляции шахт	2			
25	Практические	Расчет количества воздуха при вентиляции зданий и помещений	2			
всего			50			

Преподаватель _____ доц. Хакимов Ш. И.

Зав. кафедрой _____ к.т.н. Тухташев А.Б.

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ И КАРТЫ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

1. Введение. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками

Технология обучения на лекцию № 1.1

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	1.1. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками 1.2. Значение курса в деле обеспечения чистоты и качественного состава воздуха в подземных сооружениях. 1.3. Вклад отечественных ученых в дело развития “Рудничной аэрологии” как науки. Главнейшие НИИ и учебные институты, ведущие работы в области “Рудничной аэрологии”.
<i>Цель учебного занятия:</i> Довести до сведения студентов содержание курса, его предмет, цели и задачи. Познакомить с отечественными учеными, а также главнейшими НИИ и учебными институтами, ведущими работы в области “Рудничной аэрологии”.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1 сущностью предмета изучения курса аэрологии. 2. Цели изучения курса аэрологии. 3. Историю развития “Рудничной аэрологии” как науки. 4. Отечественные ученые, внесшие достойный вклад в дело развития “Рудничной аэрологии”. 5. НИИ и учебные институты ведущие значительные работы в области “Рудничной аэрологии”	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1. Предмет изучения курса аэрологии. 2. Цели изучения курса аэрологии. 3. Историю развития “Рудничной аэрологии” как науки. 4. Отечественные ученые, внесшие достойный вклад в дело развития “Рудничной аэрологии”. 5. НИИ и учебные институты ведущие значительные работы в области “Рудничной аэрологии”
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

1.2. Технологическая карта лекции (1-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. - Что изучается в курсе “Рудничная аэрология”? 2. Что является основной задачей курса? 3. Кто является основоположником курса “Рудничная аэрология” как науки? 4. Какие из НИИ и учебных институтов ведут широкие работы в области “Рудничной аэрологии”? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

2. Рудничный воздух

2.1. Технология обучения на лекцию № 2.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	2.1. Атмосферный воздух. 2.2 Изменение состава и свойств атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам. 2.3 Основные составные части рудничного воздуха. 2.4 Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучить основные причины вызывающие изменение физических свойств и химического состава атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.”.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Сущности изменения атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам. 2. Ядовитые газы, поступающие в рудничный воздух, их свойства, характер действия на организм, предельно допустимые и опасные концентрации, признаки отравления и характер оказания помощи при отравлении	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должен узнать: 1. Изменения атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам. 2. Ядовитые газы, поступающие в рудничный воздух, их свойства, характер действия на организм, предельно допустимые и опасные концентрации, признаки отравления и характер оказания помощи при отравлении
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

2.2. Технологическая карта лекции (2-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.3. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <p>1. Почему при движении атмосферного воздуха по горным выработкам изменяется его химический состав и физические свойства?</p> <p>2. Какие ядовитые примеси могут поступать в атмосферу горных выработок?</p> <p>3. Источники поступления окиси углерода в горные выработки, ее физико-химические свойства, характер воздействия на организм, опасные и ПДК согласно ПБ.</p> <p>4. Какие газы образуются при работе двигателей внутреннего сгорания? Их свойства, опасные и допустимые ПБ концентрации</p> <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

3. Метан, его происхождение и свойства

3.1. Технология обучения на лекцию № 3.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	3.1. Физико-химические свойства метана. 3.2 Происхождение и формы связи метана с горными породами. 3.3 Метаноносность и метаноёмкость угольных пластов и вмещающих пород
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение свойств метана продиктовано тем, что его выделения в горные выработки являются одной из главных причин возникновения крупных аварий на шахтах.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Физико-химические свойства метана. 2. Происхождение метана и формы его связи с горными породами. 3. Пределы взрываемости метановоздушной смеси. 4. Требования ПБ к содержанию метана в горных выработках	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1 Физико-химические свойства метана. 2. Происхождение метана и формы его связи с горными породами. 3. Пределы взрываемости метановоздушной смеси. 4. Требования ПБ к содержанию метана в горных выработках
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

3.2. Технологическая карта лекции (3-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.4. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется рудничным газом? 2. Какой запах, цвет и вкус имеет метан? 3. Какой относительный удельный вес метана? 4. При какой концентрации метана в воздухе образуется взрывчатая смесь? 5. Какое физиологическое воздействие оказывает метан на организм? 6. В каких формах содержится метан в горных породах <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

4. Метанообильность горных выработок и шахт

4.1. Технология обучения на лекцию № 4.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	4.1 Виды выделений метана в шахтах. 4.2 Неравномерность обыкновенного метановыделения. 4.3 Меры борьбы с выделениями метана. 4.4 Метанообильность шахт. Деление шахт на категории
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучить виды выделений метана в шахтах, а также классификацию шахт в зависимости от метанообильности и вида выделения метана	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Виды выделений метана в шахтах. 2. Мероприятия по борьбе с суфлярными выделениями метана. 3. Категории деления шахт в зависимости от метанообильности и вида выделений метана.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должен узнать: 1. Виды выделений метана в шахтах. 2. Мероприятия по борьбе с суфлярными выделениями метана. Категории деления шахт в зависимости от метанообильности и вида выделений метана
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

4.2. Технологическая карта лекции (4-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что называется обыкновенным выделением метана? 2. Какое метановыделение называется суфлярным? 3. Какое метановыделение относится к суфлярам первого рода, а какое к суфлярам второго рода? 4. Чем характеризуется внезапное выделение метана с выбросом угля или породы? 5. Как делятся шахты на категории в зависимости от метанообильности и вида выделений метана? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

5. Внезапные выбросы угля и газа в шахтах

5.1. Технология обучения на лекцию № 5.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	5.1. Классификация газодинамических явлений в шахтах. 5.2 Основы теории внезапных выбросов угля и газа. 5.3 Классификация шахтопластов по признаку выбросоопасности. 5.4 Природа локальности выбросоопасности
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучить основы теории внезапных выбросов угля и газа, классификацию газодинамических явлений в шахтах принятую в СНГ, классификацию шахтопластов по признаку выбросоопасности и природу локальности выбросоопасности	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1.Силы, развивающие внезапные выбросы угля и газа. 2.Классификация газодинамических явлений. 3. Подразделение шахтопластов по признаку выбросоопасности. 4. Локальность внезапных выбросов угля и газа	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должен узнать: 1. Силы, развивающие внезапные выбросы угля и газа. 2. Классификация газодинамических явлений. 3. Подразделение шахтопластов по признаку выбросоопасности. 4. Локальность внезапных выбросов угля и газа
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

5.2. Технологическая карта лекции (5-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.2. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <p>Под воздействием каких сил формируется внезапный выброс угля и газа?</p> <p>2. Что положено в основу при разработке классификации газодинамических явлений?</p> <p>3. Почему газодинамические явления наиболее часто происходят в зонах геологических нарушений?</p> <p>4. Чем объясняется локальность выбросоопасности?</p> <p>5. Какие пласты относят к опасным и не опасным по внезапным выбросам?</p> <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы.</p> <p>Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

6. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах

6.1. Технология обучения на лекцию № 6.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	Общие положения. 6.2 Отработка защитных пластов. 6.3 Применение гидрорыхления угольного пласта. 6.4 Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива. 6.5 Применение разгрузочных пазов. 6.6 Предотвращение выбросов угля и газа при механизированном проведении подготовительных выработок. 6.7. Способы вскрытия выбросоопасных пластов.
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение технологии мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа при производстве различных видов горных работ.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Меры борьбы с внезапными выбросами угля и газа при производстве горных работ.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Меры борьбы с внезапными выбросами угля и газа при производстве горных работ.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графоганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

6.2. Технологическая карта лекции (6-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.3. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <p>Почему снижается выбросоопасность пластов подверженных подработке, надработке?</p> <p>2. Как определяется зона защитного действия при отработке защитного пласта?</p> <p>3. В чем заключается физическая сущность механизма гидрорыхления?</p> <p>4. Почему снижается выбросоопасность при бурении опережающих скважин и вымывании опережающих полостей?</p> <p>5. Физическая сущность эффективности разгрузочных пазов как меры борьбы с выбросами.</p> <p>6. Какие существуют способы вскрытия выбросоопасных пластов?</p> <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

7. Борьба с метаном методами дегазации

7.1. Технология обучения на лекцию № 7.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	Классификация методов дегазации. 7.2 Дегазация разрабатываемого пласта скважинами. 7.3 Дегазация пластов гидроразрывом и гидрорасчленением. 7.4 Способы дегазации спутников(сближенных пластов). 7.5 Дегазация выработанных пространств. 7.6 Эффективность дегазации
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение методов дегазации угольных пластов, как средства по снижению метанообильности горных выработок.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Применяемые методы дегазации угольных пластов, пропластков, а также выработанных пространств.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: . Применяемые методы дегазации угольных пластов, пропластков, а также выработанных пространств.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

7.2. Технологическая карта лекции (7-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <p>1. Как осуществляется дегазация сближенных пластов и пропластков скважинами?</p> <p>2. Как осуществляется дегазация разрабатываемых пластов скважинами?</p> <p>3. Как осуществляется дегазация пластов и пропластков методом гидрорасчленения?</p> <p>4. Как осуществляется дегазация выработанных пространств?</p> <p>5. Какие способы дегазации относятся к оперативным?</p> <p>6. Какие способы дегазации относятся к заблаговременным?</p> <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

8. Рудничная пыль

8.1. Технология обучения на лекцию № 8.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	Общие сведения. 8.2 Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли. 8.3 Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли. 8.4 Особенности взрывов угольной пыли в шахтах. 8.5 Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение горючих и взрывчатых свойств угольной пыли. Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли. Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах, пылевой режим.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли. 2. Меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1. Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли. 2. Меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

8.2. Технологическая карта лекции (8-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какими опасными свойствами обладает угольная пыль? 2. Какие факторы оказывают влияние на опасные свойства пыли? 3. Как разделяются взрывы пыли по скорости распространения пламени и движения газообразных продуктов? 4. Какие основные меры борьбы предусматриваются со взрывами угольной пыли в шахтах? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

9. Тепловой режим шахт

9.1. Технология обучения на лекцию № 9.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	Общие сведения. 9.2 Тепловой режим и тепловой баланс. 9.3 Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках. 9.4 Подогрев подаваемого в шахту воздуха.
<i>Цель учебного занятия:</i> Значение теплового режима и управление им. Обеспечение нормальных условий в горных выработках по тепловому фактору.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Влияние теплового режима на работу шахтного подъема и вентиляторных установок и самочувствие трудящихся. Меры по обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий в горных выработках.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Влияние теплового режима на работу шахтного подъема и вентиляторных установок и самочувствие трудящихся. Меры по обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий в горных выработках.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

9.2. Технологическая карта лекции (9-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие параметры состояния рудничного воздуха регламентируются ПБ? 2. Какие основные факторы определяют температуру воздуха в шахтах? 3. Что такое геотермическая ступень? 4. Какие меры борьбы применяют с высокими и низкими температурами воздуха в горных выработках? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

10. Основные понятия рудничной аэродинамики

10.1. Технология обучения на лекцию № 10.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	1 Общие сведения. 2 Основные физические характеристики рудничного воздуха.
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение основных законов, характеризующих движение воздуха по горным выработкам	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Основной закон движения воздуха по горным выработкам и его физический смысл	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Основной закон движения воздуха по горным выработкам и его физический смысл
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

10.2. Технологическая карта лекции (10-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <p>1. Как трактуется закон сохранения массы применительно к движению воздуха по горным выработкам?</p> <p>2. Как трактуется закон сохранения энергии применительно к движению воздуха по горным выработкам?</p> <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

11. Основные определения рудничной аэродинамики

11.1. Технология обучения на лекцию № 11.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	11.1. Основные законы аэростатики. 11.2. Режимы движения воздуха в шахтах. Критерий Рейнольдса. 11.3. Основные законы аэродинамики. 11.4 Типы воздушных потоков
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение основных законов, характеризующих движение воздуха по горным выработкам	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Режимы движения воздуха и типы воздушных потоков в шахтах	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Режимы движения воздуха и типы воздушных потоков в шахтах
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графоганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

11.2. Технологическая карта лекции (11-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как трактуется закон сохранения массы применительно к движению. Какой режим движения воздуха называют ламинарным? 2. Какой режим движения воздуха называют турбулентным? 3. Каким критерием оценивается режим движения воздуха? 4. Какие типы воздушных потоков наблюдаются в шахтах при движении воздуха? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

12. Аэродинамическое сопротивление горных выработок

12.1. Технология обучения на лекцию № 12.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	12.1 Основной закон движения воздуха по горным выработкам. 12.2 Законы сопротивления. 12.3 Виды сопротивлений. 12.4 Единицы сопротивления. Эквивалентное отверстие
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучение основных законов, видов и единиц сопротивления, характеризующих движение воздуха по горным выработкам	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Основной закон движения воздуха. 2. Закон, виды и единицы сопротивления движения воздуха.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1. Основной закон движения воздуха. 2. Закон, виды и единицы сопротивления движения воздуха.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

12.2. Технологическая карта лекции (12-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что понимают под законом сопротивления? 2. Какие виды сопротивлений встречаются при движении воздуха в шахтах? 3. Чем обусловлено сопротивление трения? 4. В каких случаях возникают лобовые и местные сопротивления? 5. Что называется пропускной способностью выработки или шахты? 6. Что называется эквивалентным отверстием? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

13. Шахтные вентиляционные сети

13.1. Технология обучения на лекцию № 13.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	13.1. Вентиляционная сеть. 13.2. Вентиляционный план. 13.3. Элементы шахтной вентиляционной сети.
<i>Цель учебного занятия:</i> Дать основные понятия о шахтной вентиляционной сети и ее элементах. Изучить законы расчета вентиляционных сетей	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Определение шахтной вентиляционной сети и состав ее элементов. 2. Законы движения воздуха в шахтной вентиляционной сети.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1. Определение шахтной вентиляционной сети и состав ее элементов. 2. Законы движения воздуха в шахтной вентиляционной сети.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

13.2. Технологическая карта лекции (13-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы: 1. Что называется шахтной вентиляционной сетью? 2. Как изображаются вентиляционные сети? 3. Что называют узлом вентиляционной сети? 4. Что называют вентиляционной ветвью? 5. Что называют элементарным контуром? Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос. 2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать	2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ. 2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.
3- этап. Заключительная (10 мин.)	3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы. 3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.	3.1. Отвечают на вопрос. 3.2. Слушают, записывают.

14. Методы расчета шахтных вентиляционных сетей

14.1. Технология обучения на лекцию № 14.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	Законы расчета шахтных вентиляционных сетей
<i>Цель учебного занятия:</i> Изучить законы расчета вентиляционных сетей.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Законы движения воздуха в шахтной вентиляционной сети.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Законы движения воздуха в шахтной вентиляционной сети.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

14.2. Технологическая карта лекции (14-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как трактуется закон сохранения массы применительно к узлу вентиляционной сети? 2. Как трактуется закон сохранения энергии применительно к элементарному контуру? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

15. Виды вентиляционных соединений и их расчет

15.1. Технология обучения на лекцию № 15.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	15.1. Последовательное, параллельное и диагональное вентиляционные соединения. 15.2 Расчет сложного параллельного соединения
<i>Цель учебного занятия</i> Изучение элементарных видов вентиляционных соединений и методов их расчета.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. . Виды простейших вентиляционных соединений, встречающихся в шахтной вентиляционной сети. 2. Методику расчета простейших вентиляционных соединений.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должен узнать: 1. Виды простейших вентиляционных соединений, встречающихся в шахтной вентиляционной сети. 2. Методику расчета простейших вентиляционных соединений.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

15.2. Технологическая карта лекции (15-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какое соединение горных выработок называется последовательным? 2. Какое соединение горных выработок называется параллельным? 3. Какое соединение горных выработок называется диагональным? 4. Как определяется общее сопротивление и депрессия последовательного соединения? 5. Как распределяется воздух в параллельном соединении выработок? 6. Как определяется общая пропускная способность параллельно соединенных выработок? 7. В чем состоит сущность расчета сложных вентиляционных соединений методом итераций? 8. Какое существует правило введения поправок при расчете сложных вентиляционных соединений методом итераций? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

16. Расчет сложных вентиляционных соединений

16.1. Технология обучения на лекцию № 16.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	16.1 Преобразования треугольника в звезду. 16.2 Графические методы расчета вентиляционных сетей.
<i>Цель учебного занятия</i> вентиляционных соединений	Изучение аналитических методов расчета сложных
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Методику преобразования треугольника в звезду. 2. Принципы графического расчета вентиляционных сетей.	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1. Методику преобразования треугольника в звезду. 2. Принципы графического расчета вентиляционных сетей.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

16.2. Технологическая карта лекции (16-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Изменяется ли режим проветривания вентиляционной схемы при замене треугольника на звезду? 2. Какие принципы заложены при преобразовании треугольника в звезду? 3. Какой принцип заложен в графический метод расчета параллельных соединений <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

17. Анализ работы вентиляторов на вентиляционную сеть

17.1. Технология обучения на лекцию № 17.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	17.1 Работа одного вентилятора на сеть. Характеристика вентилятора и сети в графическом и аналитическом выражении. 17.2 Совместная работа вентиляторов
<i>Цель учебного занятия</i> Освоение методов анализа работы вентиляторов на сеть.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Анализ работы одного или нескольких вентиляторов на сеть	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Анализ работы одного или нескольких вентиляторов на сеть .
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

17.2. Технологическая карта лекции (17-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие существуют методы анализа совместной работы вентиляторов? 2. Как осуществляется построение суммарной характеристики вентиляторов, установленных на одном стволе на последовательную и параллельную работу? 3. Как осуществляется построение приведенной характеристики вентиляторов? 4. Как осуществляется построение активизированной характеристики сети? 5. В каких случаях работа вентилятора может быть неустойчивой? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

18.Естественная тяга воздуха в шахтах

18.1.Технология обучения на лекцию № 18.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	18.1. Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги. 18.2 Измерение величины депрессии естественной тяги на действующих шахтах. 18.3 Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт.
<i>Цель учебного занятия</i> Изучение естественной тяги как одного из факторов, влияющих на состояние проветривания шахт.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги, метод расчета и способы измерения величины депрессии естественной тяги	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги, метод расчета и способы измерения величины депрессии естественной тяги.
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

18.2. Технологическая карта лекции (18-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие причины обуславливают возникновение естественной тяги воздуха в шахтах? 2. Как изменяется депрессия естественной тяги в зависимости от времени года? 3. Какой метод положен в основу расчета величины депрессии естественной тяги? 4. Как измерить величину депрессии естественной тяги на действующей шахте? 5. Какой величины может достигать депрессия естественной тяги в зависимости от глубины шахты? 6. Как влияет депрессия естественной тяги на режим работы вентилятора и проветривание шахты? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

19. Регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети

19.1. Технология обучения на лекцию № 19.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	19.1. Причины, вызывающие необходимость регулирования. 19.2 Отрицательное и положительное регулирование.
<i>Цель учебного занятия</i> Изучение теоретических основ и практических путей регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в вентиляционной сети	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Причины необходимости регулирования подачи воздуха. 2. Способы регулирования подачи воздуха	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: 1. Причины необходимости регулирования подачи воздуха. 2. Способы регулирования подачи воздуха
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

19.2. Технологическая карта лекции (19-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие причины вызывают необходимость регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в сети? 2. Какими способами осуществляется регулирование подачи воздуха в шахту? 3. Какие способы регулирования относят к отрицательным? 4. Какие способы регулирования относят к положительным? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

20. Регулирование подачи воздуха в шахту

20.1. Технология обучения на лекцию № 20.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	20.1 Способы регулирования подачи воздуха в шахту.
<i>Цель учебного занятия</i> Изучение теоретических основ и практических путей регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в вентиляционной сети.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Способы регулирования подачи воздуха	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Способы регулирования подачи воздуха
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

20.2. Технологическая карта лекции (20-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <p>1. Какими способами осуществляется регулирование подачи воздуха в шахту?</p> <p>2. Какие способы регулирования относят к отрицательным?</p> <p>3. Какие способы регулирования относят к положительным?</p> <p>4. Какой закон положен в основу расчета аэродинамического сопротивления и депрессии вентиляционного окна?</p> <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы.</p> <p>Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

21.Проветривание подземных выработок при их сооружении

21.1. Технология обучения на лекцию № 21.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	21.1.Общие сведения. 21.2 Особенности проветривания при проходке стволов. 21.3 Способы и схемы вентиляции стволов при проходке.
<i>Цель учебного занятия</i> . Изучение общих требований предъявляемых к проветриванию подготовительных выработок и особенностей, возникающих при проветривании стволов	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: 1. Общие требования, предъявляемые к проветриванию подготовительных выработок. 2. Особенности, учитываемые при организации проветривания стволов	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должен узнать: 1. Общие требования, предъявляемые к проветриванию подготовительных выработок. 2. Особенности, учитываемые при организации проветривания стволов
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

21.2. Технологическая карта лекции (21-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие существуют способы подачи воздуха в забой подготовительных выработок? 2. По каким факторам определяется количество воздуха, необходимого для проветривания подготовительных забоев? 3. Какие особенности возникают при проветривании стволов? 4. Какой порядок выбора трубопровода и вентиляторов для проветривания ствола? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы.</p> <p>Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

22.Проветривание горизонтальных и наклонных выработок

22.1. Технология обучения на лекцию № 22.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	22.1 Способы проветривания тупиковых горных выработок. 22.2 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок 22.3 Особенности проветривания длинных тупиковых выработок
<i>Цель учебного занятия</i> . Изучение способов проветривания горизонтальных и наклонных выработок	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Способы проветривания горизонтальных и наклонных выработок, а также принципы выбора оборудования, применяемого для проветривания тупиковых выработок	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Способы проветривания горизонтальных и наклонных выработок, а также принципы выбора оборудования, применяемого для проветривания тупиковых выработок
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

22.2. Технологическая карта лекции (22-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие типы вентиляционных труб применяются для проветривания горизонтальных и наклонных выработок? 2. Какое отставание вентиляционных труб допускают ПБ на газовых и негазовых шахтах? 3. На каком расстоянии от исходящей струи устанавливается ВМП? 4. Как определяется необходимый расход воздуха для проветривания выработки по метановыделению? 5. Какую концентрацию газов допускают ПБ после ведения взрывных работ по углю в подготовительном забое? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

23.Проветривание очистных выработок

23.1.Технология обучения на лекцию № 23

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	23.1 Основные схемы проветривания очистных выработок. 23.2 Расчет максимально допустимой нагрузки на забой по газовому фактору.
<i>Цель учебного занятия</i> . Изучение основных схем проветривания очистных выработок, их классификация и методики расчета количества воздуха, необходимого для проветривания очистных забоев	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Основные схемы проветривания очистных забоев и освоить методику расчета количества воздуха, необходимого для их проветривания	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Основные схемы проветривания очистных забоев и освоить методику расчета количества воздуха, необходимого для их проветривания
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

23.2. Технологическая карта лекции (23-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. На какие 4-е группы делятся схемы проветривания выемочных участков? 2. Какие преимущества и недостатки имеет обратноточная схема проветривания на вентиляционный штрек? 3. Преимущества и недостатки прямоточных схем проветривания. 4. Недостатки и преимущества обратноточной схемы. 5. По каким факторам определяется количество воздуха, необходимого для проветривания очистных забоев? <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

24. Проектирование вентиляции шахт

24.1. Технология обучения на лекцию № 24.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	24.1. Общие положения. 24.2. Порядок проектирования проветривания шахт. 24.3. Способы проветривания шахт. 24.4. Выбор способов и схем проветривания шахт. 24.5. Расчет расхода воздуха для проветривания шахты. 24.6. Порядок выбора вентилятора главного проветривания.
<i>Цель учебного занятия</i> Ознакомить студентов с порядком проектирования вентиляции шахт.	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Порядок проектирования проветривания шахты и решаемые при этом задачи	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Порядок проектирования проветривания шахты и решаемые при этом задачи
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

24.2. Технологическая карта лекции (24-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Из каких основных этапов состоит проект проветривания шахты? 2. Какие существуют способы проветривания шахт? 3. На какие группы делятся схемы проветривания шахт? 4. Преимущества и недостатки центральных схем проветривания шахт. 5. Преимущества и недостатки фланговых схем проветривания шахт. 6. Как определяется количество воздуха, необходимого для проветривания шахты? 7. Как осуществляется выбор вентилятора главного проветривания <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

25. Промышленная вентиляция

25.1. Технология обучения на лекцию № 25.

Время - 2 час	Количества студентов: 4-5 чел
Форма учебного занятия	Введение, визуальная лекция
План учебного занятия	25.1. Общие положения. 25.2 Основные вредности промышленных предприятий и способы определения воздухообмена. 25.3. Искусственная вентиляция
<i>Цель учебного занятия</i> Изучение основ вентиляции промышленных зданий и сооружений	
<i>Задачи преподавателя:</i> • ознакомить студентов: Вредности, образующиеся на промышленных предприятиях. Способы вентиляции промышленных зданий и методику расчета их проветривания	<i>Результаты учебной деятельности:</i> Студенты должны узнать: Вредности, образующиеся на промышленных предприятиях. Способы вентиляции промышленных зданий и методику расчета их проветривания
Средства обучения	Лазерный проектор, визуальные материалы, информационное обеспечение.
Формы обучения	Коллективная, фронтальная работа, работа в парах. Графорганазеры
Условия обучения	Аудитория, приспособленная для работы с ТСО.

25.2. Технологическая карта лекции (25-е занятие)

Этапы, время	Деятельность	
	преподавателя	Студентов
1 этап. Введение 10 мин.)	1.1. Сообщает тему, цель, планируемые результаты учебного занятия и план его проведения.	1.1. Слушают, записывают.
2 этап. Основной (60 мин.)	<p>2.1. С целью актуализировать знания студентов задает фокусирующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Из каких основных этапов состоит проект проветривания шахты? 2. Какие существуют способы проветривания шахт? 3. На какие группы делятся схемы проветривания шахт? 4. Преимущества и недостатки центральных схем проветривания шахт. 5. Преимущества и недостатки фланговых схем проветривания шахт. 6. Как определяется количество воздуха, необходимого для проветривания шахты? 7. Как осуществляется выбор вентилятора главного проветривания <p>Для ответа на вопросы организует работу в парах. Проводит блиц-опрос.</p> <p>2.2. Последовательно излагает материал лекции по вопросам плана, использует визуальные материалы. Акцентирует внимание на ключевых моментах темы, предлагает их записать</p>	<p>2.1. Слушают. По очереди отвечают на вопросы. Слушают правильный ответ.</p> <p>2.2. Обсуждают содержание схем и таблиц, визуальные материалы, уточняют, задают вопросы. Записывают главное.</p>
3- этап. Заключительная (10 мин.)	<p>3.1. Проводит блиц-опрос. Делает итоговое заключение. Дает задание для самостоятельной работы.</p> <p>3.2 Составить кластер на слово «карьер». Ставить оценки.</p>	<p>3.1. Отвечают на вопрос.</p> <p>3.2. Слушают, записывают.</p>

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»**



ТЕСТЫ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

**ВОПРОСЫ
ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ “ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
АЭРОЛОГИИ ШАХТ И РУДНИКОВ”**

Глава предмета	Раздел предмета	Степень сложности	Вопросы	Правильный ответ	Не правильный ответ	Не правильный ответ	Не правильный ответ
1	1	1	Содержание кислорода в атмосферном воздухе O ₂	20,95%	78,8%	76,8%	22,95%
1	1	1	Возможные источники загрязнения воздуха	Распространен о равномерно объёмно линейно точечно	Объёмно линейно точечно	Распространено равномерно линейно точечно	Распространен о равномерно объёмно линейно
1	1	3	“мертвый воздух” – это	рудничный воздух содержащий N ₂ , CO газы в атмосфере, который относительно значительно больше количество соответствующий газов и составе не имеющий кислорода	рудничный воздух содержащий N ₂ , CO газы в атмосфере, который относительно больше или меньше	рудничный воздух содержащий N ₂ , газ в атмосфере, который относительно значительно больше количество соответствующий газов или в составе не имеющий кислорода	рудничный воздух содержащий, CO газ в атмосфере, который относительно значительно больше количество соответствующий газов и составе не имеющий кислорода
1	1	1	количество N ₂ содержащий в атмосфере воздуха	78,8%	20,95%	76,8%	22,95%
1	3	3	Какого содержания метана в шахтах по II категории м ³ /т	5-10	<5	10-15	≥ 15; Опасная шахты по суфлярному потоку
1	2	2	Объем 1грамма молекулы в нормальных условиях	22,4 литр	20,4 литр	22,2литр	21,4 литр
1	2	3	Температура возгорание метана	650-750 ⁰ С	600-700 ⁰ С	750-850 ⁰ С	550-650 ⁰ С

1	2	2	Предел взрывание метана в составе воздуха	5-15%	5-9%	5-20%	5-10%
1	3	3	При какой концентрации метана в воздухе не взрывоопасна	меньше 5% и больше 15%	Меньше 5% и больше 9%	Меньше 5% и больше 20%	Меньше 5% и больше 10%
1	1	1	Микроклимат-это	климат воздушного земляного слоя	Континентальный климат	Климат воздушного слоя	Субтропический климат
1	1	1	Плотность кислорода г/см ³	1,11	1,1	1,01	1,101
1	1	2	Остатка азотного оксида содержащие в шахтном воздухе до сколько часов остаются взорванным в горном массе	От 2 добчасов	От 2 до 10часов	От 2 до 12 часов	От 2 до 15 часов
1	2	1	виды отделение метана от горных выработках	внезапно и обыкновенный суфляр	Медленный и обыкновенный суфляр	Обыкновенный суфляр	Внезапный и обыкновенный
1	3	2	Какого содержания метана в шахтах .с По I категории м ³ /т	<5	5-10	10-15	≥ 15; Шахтная опасност по Суфлярному течению
1	1	1	Аноксимия – это	“не хватка кислорода”	“повышение содержание кислорода”	“не хватка водорода”	“не хватка Азота”
1	3	2	Какого содержания метана в шахтах .с По III категории м ³ /т	10-15	5-10	<5	≥ 15; Шахтная опасност по Суфлярному течению
1	3	1	Какого содержания метана в шахтах .с По сверх категории м ³ /т	≥ 15; шахтная опасность но суфлярному течению	10-15	<5	5-10
1	3	1	не допускаемая количества метана % выходящего с потоком из забоя, тупиковые выработки, с камеры или выемочного участка	>1,0	>0,75	>0,5	>2

1	4	1	Коэффициент полезного Дегазации это -	отношение всасывающего метана к общему метану	произведение всасывающего метана к общему метану	разность от общего метана всасывающий метан	сумма всасывающего и общего метана
1	6	3	не допускаемая количества метана % входящего с потоком на выемочный участок	>0,5	>2	>1,0	>0,75
1	3	3	не допускаемая количества метана % выходящего с потоком из забоя, тупиковые выработки, с камеры или выемочного участка	>2	>1,0	>0,75	>0,5
1	6	1	Дегазация – это	Обезгазывание шахты	Осушение шахты	Загазованность шахты	Проветривание шахты
1	8	3	При состоянии покоя человека при внутренних биохимических процессах каково будет выделяться тепловое энергия	90 Дж /С	100 Дж /С	120 Дж /С	150 Дж /С
1	8	1	При направлении воздуха через ствол вниз при ее сжатии на каждый 100 м каково будет повышение температуры	1°С	10°С	12°С	15°С
1	8	1	При направлении воздуха через ствол вверхна расширяется каково будет понижени температуры на каждый 100 м	0,8-0,9 ° С	0,9-1 ° С	8-9 ° С	0,5-0,6 ° С
1	2	3	не допустимая количества	>0,75	>0,5	>2	>1,0

			метана выходящего из шахты в объемах %				
1	8	3	С каким выражением определяется плотность воздуха и газа при температура Т и объем П	$\rho = \frac{\rho_n \cdot T_H \cdot P}{(T \cdot P_H)}$	$\rho = \frac{1}{T} \left(\frac{P_c}{R_c} + \frac{T_n}{R_n} \right)$,	$\rho = \frac{1}{P} \left(\frac{P_c}{R_c} + \frac{P_n}{R_n} \right)$,	$\rho = \frac{\rho_n \cdot T_H}{(T \cdot P_H)}$
2	7	2	Депрессия - это	Разница между давлениями	Разницы между силами	Разница между напряжениями	Разница между энергиями
2	7	3	С каким выражением определяется значимое депрессия чтобы преодолеть местное сопротивление	$h_m = \xi \frac{v^2}{2} \cdot \rho$	$h = \frac{R \cdot Q^2}{100}$	$R = \frac{h}{Q_2}$	$h = \frac{L \cdot P_b \cdot P^2}{S^2} \cdot a_c$
2	7	3	по каким выражением определяется значимое депрессии преодолевающее сопротивление трения потока воздуха протекающего через горную выработку	$h = \frac{L \cdot P_b \cdot P^2}{S^2} \cdot a_c$	$h_m = \xi \frac{v^2}{2} \cdot \rho$	$h = \frac{R \cdot Q^2}{100}$	$R = \frac{h}{Q_2}$
2	8	1	Прибор для измерения скорости потока воздуха	Анемометр	Барометр	Манометр	Спидометр
2	2	3	Формула определения коэффициента сопротивления ствола на поток воздуха	$a_c = K \cdot \frac{\xi S m}{\sqrt{l D^3}}$	$a_c = K \cdot \frac{S^3}{Se} \cdot \frac{\xi S m}{\sqrt{l D^3}}$	$a_c = K \cdot \frac{S^2}{Se} \cdot \frac{\xi S m}{\sqrt{l D^3}}$	$a_c = K \cdot \frac{S}{Se} \cdot \frac{\xi m}{\sqrt{l D^3}}$
2	2	1	Единица измерения аэродинамическ ого сопротивления	Мюр	ом	Па	Дж
2	2	3	Укажите значения 1 киломюр аэродинамическ их сопротивлений	10,2 с ² /м ⁸	11,2 с ² /м ⁸	12,2 с ² /м ⁸	13,2 с ² /м ⁸

2		3	С каким выражением определяется аэродинамическое сопротивление	$R = \frac{h}{Q_2}$	$h = \frac{L \cdot P_b \cdot P^2}{S^2} \cdot a_c$	$h_m = \xi \frac{v^2}{2} \cdot \rho$	$h = \frac{R \cdot Q^2}{100}$
3	3	3	При каком угле падения пласта по правилам безопасности в загазованных шахтах требуется проветривание восстающие струей воздуха	10°	18°	20°	25°
3	3	1	При какой скорости сжатого воздуха разрешается проветривание лавы по направлению сверху вниз	1 м/с	2 м/с	5 м/с	6 м/с
3	3	3	Разрешается только в шахтах при разработке пластов неопасной внезапного выброса и суфляного выделения	Последовательная схема проветривания нескольких рабочих забоев	параллельная схема проветривания нескольких рабочих забоев	Комбинированная схема проветривания нескольких рабочих забоев	Схема несколькими вентиляторами местного проветривания
3	2	1	Вентиляция протяженных тупиковых выработок сквозной струей может быть осуществлена:	с помощью вспомогательной параллельной выработки или продольных перегородок	с помощью вспомогательных вентиляторов и трубопроводов	с помощью параллельной выработки и естественной тяги	с помощью специальных вентиляционных каналов и выработки
3	1	3	По каким выражением определяется утечка воздуха в вентиляционных дверях	$Q_{sh.e} = \varphi_e \cdot K_e \cdot S_e \cdot \sqrt{h}$	$Q_{sh.e} = K_e \cdot S_e \cdot \sqrt{h}$	$Q_{sh.e} = \varphi_e \cdot K_e \cdot \sqrt{h}$	$Q_{sh.e} = \varphi_e \cdot K_e \cdot S_e$
3	1	3	По каким выражением определяется коэффициент полезного действия струи	$\eta_c = \frac{Q_1 - Q_1}{Q_1}$	$\eta_c = \frac{Q_1}{Q_1 - Q}$	$\eta_c = \frac{Q_1}{Q_1 + Q}$	$\eta_c = \frac{Q_1 + Q_1}{Q_1}$

			воздуха				
3	4	1	<u>Обводненность ствола</u> способствует:	ускорению его вентиляции после взрывных работ	Увеличению время проветривания после взрывных работ	Увеличению содержания в воздухе окислов азота	Увеличению время протекания химических реакций окислов азота с металлами
1	1	3	Определение формулы средней плотности воздуха кг/м ³ .	$\rho_{o'r} = \frac{P_1 + P_2}{2}$	$\rho_{o'r} = \frac{P_1 - P_2}{2}$	$\rho_{o'r} = P_1 + P_2$	$\rho_{o'r} = P_1 - P_2$
2	5	3	Максимальное количество воздуха проходящего через кроссинг	20 м ³ /с	10 м ³ /с	30 м ³ /с	15 м ³ /с
3	4	1	Основная задача вентиляции:	обеспечить в выработках необходимый расход воздуха для нормальной физиологической деятельности человека, разбавление и вынос вредных газов и пыли, нормальные тепловые условия	Обеспечить эффективность проветривания очистных выработок в значительной степени	Обеспечить интенсивность проветривания очистных и подготовительных выработок	Безопасная организация работ в выемочным и подготовительным-нарезной участке В процессе ведения горных работ и уменьшения газовиделения из взрывных работ
3	4	1	Как осуществляется проветривание в горных выработках	С помощью вентелятора главного и местного проветривания, а также засчет общешахтной депрессии	За счет общешахтной депрессии	Проветривание с помощью главных и местных вентиляторов	Проветривание с помощью местных вентиляторов и естественной диффузией воздуха
3	5	3	Каким выражением определяется депрессия в наклонных и вертикальных выработках	$h = P_1 - (P_2 \pm g\rho_{o'r} \cdot H)$	$h = P_1 + (P_2 \pm g\rho_{o'r} \cdot H)$	$h = P_1 - (P_2 - \rho_{o'r} \cdot H)$	$h = P_2 \pm g\rho_{o'r} \cdot H$
3	3	3	С какой формулой определяется расход А.И. Ксенофонтова	$Q_3 = 2,13/t\sqrt{A_b} \cdot \sigma$	$Q_{3r} = (25 \pm A_b/\sqrt{A_{b'r}}) \cdot \sigma$	$Q_{3o'r} = 2,13/(15 + A_b/\sqrt{A_{b'r}}) \cdot \sigma$	$Q_3 = 2,13/t\sqrt{A_b}$

			при проветривании всасыванием, м ³ /мин				
3	4	3	Каково должна быть скорость потока воздуха при условиях образования слоя метана на кровле горной выработке	0,5 м/с	1 м/с	1,5 м/с	2 м/с
1	3	1	Что понимается под газовым балансом угольной шахты?	Сумма выделяемого газа метан от источника выделения метана	Количество метана образуемый в шахте	Шахтадан чикиб Количество метана выходящий из шахты	Взорванное количество метана в шахте
2	5	1	Коэффициент фильтрации - это ...	Отношение количества воздуха проходимого через вентилятор к необходимому количеству воздуха подаваемого на забой	Произведение количества воздуха проходимого через вентилятор к необходимому количеству воздуха подаваемого на забой	Разность количества воздуха проходимого через вентилятор к необходимому количеству воздуха подаваемого на забой	Сумма количества воздуха проходимого через вентилятор и необходимого количества воздуха подаваемого на забой
1	8	3	По какой формулой определяется расход воздуха с учетом температурного фактора?	$Q_3 = T_{lah} [Cp(t_u - t_n) \rho + Q_2]$	$Q_2 = G_{lah} Cp \cdot \rho \cdot \Delta t$	$Q_3 = [Cp(t_u - t_n) \rho + Q_2]$	$Q_3 = T_{lah} [(t_u - t_n) \rho + Q_2]$
2	2	1	Как образуется сопротивление потока воздуха в стволе шахты?	За счет сопротивления подъемного устройства	За счет сопротивления стены ствола	За счет естественной	За счет разницы давления воздуха
2	2	3	Каким образом происходит бурение скважин в рудниках с аэродинамической точки зрения?	Камера и лава	Бремсберг и пологие	Орт и штрек	Соединяющий и печообразный
3	1	3	Какие проветривающие сооружения относятся к 1 группе?	Каналы вентилятора, кроссинги и поперечные направляющие	Система проветривания шахты	Камера и лава	Штрек, орт, бремсберг
3	1	1	Какие проветривающие	Преграды для потока воздуха	Камера и лава	Система проветривания	Штрек, орт, бремсберг

			сооружения относятся ко II группе?	в горных выработках		шахты	
3	1	1	Какие проветривающие сооружения относятся ко III группе?	Направляющие потока воздуха в горных выработках	Камера и лава	Система проветривания шахты	Штрек, орт, бремсберг
1	1	1	Что такое воздух шахты?	Атмосферный воздух, покрывающий горную выработку	Атмосферный воздух выходящий из шахты	Газы, выделяющиеся в шахте	Пыль, выделяющаяся в шахте
1	1	1	Что такое шахтная пыль?	Совокупность мелких дисперсных органических и минералогических частиц	Частицы, выделяющиеся в результате буровзрывных работ	Частицы, выделяющиеся в результате выемочно – погрузочных работ	Совокупность летучих органических и минеральных больших твердых частиц
3	2	3	Как выражается депрессия?	$h=R*Q^2$	$h=W*Q^2$	$h=R^2*P$	$h=R*Q$
3	2	1	Какие системы относятся к проветривающим?	Поток воздуха, схема проветривания, проветривающие сооружения, естественные всасывающие источники	Вентиляторные установки и поток воздуха	Горные выработки и давление	Поток воздуха и давление воздуха
2	2	1	Что такое сопротивление на трение?	Сопротивление возникающее в шероховатой поверхности стен горных выработок	Сопротивление, возникающее в местах поворота горных выработок	Сопротивление воздуха, возникающее в состоянии покоя	Сопротивление воздуха, возникающее в состоянии движения
2	2	1	Лобовое сопротивление – это ...	Сопротивление воздуху всей поверхностью	Сопротивление, возникающее при внезапном расширении и уменьшении выработки, изменении их внешних границ	Сопротивление, возникающее в вентиляторе	Сопротивление, возникающее в стенах выработки
2	2	1	Местное сопротивление – это	Сопротивление, возникающее при внезапном расширении и уменьшении выработки, изменении их внешних границ	Сопротивление возникающее в шероховатой поверхности стен горных выработок	Сопротивление воздуху всей поверхностью	Сопротивление, возникающее в вентиляторе
3	2	1	Что такое коэффициент	Отношение количества	Отношение количества	Отношение количества воды	Отношение количества

			обводненности шахты?	воды прибывающего за определенный отрезок времени к производственной мощности шахты	вытекающей воды из шахты к объему извлекаемого полезного ископаемого за сутки	поступающей в шахты в течении года к количеству горной массы добываемой из шахты	вытекающей воды из шахты к объему извлекаемого полезного ископаемого за смену
2	6	1	Что такое учетка воздуха?	Это часть воздуха, не доходящего до нужного места	Потери воздуха в проветривающих выработках	Потери воздуха в вентиляторах	Потери воздуха в забое
3	6	1	Каким прибором определяется состав аэрологии шахты?	Газоанализатором	Психрометром	Интерферометр	Анемометр
1	2	1	В каком случае применяется разработка угля в виде газа?	В случае нерентабельности разработки открытым или подземным способом	В случае невозможности разработки угольного пласта	В случае нахождения угольного пласта глубоко под землей	В пластах с легкогорячими углями
1	2	3	Как выделяется метан в шахтах?	Просто, суфлярно и внезапно	Внезапно	Суфлярно	Просто
1	2	3	Каково содержание метана в забое и тупиковых выработках шахты?	Менее 2 %	Менее 8 %	Менее 6 %	Менее 10 %
3	3	1	Что такое вентилятор шахты?	Машина, учитывающая разность давлений в воздухопроводах	Машина, всасывающая воздух	Машина, нагнетающая воздух	Машина, увеличивающая воздух
2	7	3	Что такое естественная тяга шахты?	Движение воздуха в выработках под влиянием естественного фактора	Движение воздуха в выработках под влиянием искусственного фактора	Движение воздуха	
3	3	1	Что такое проветривание очистного забоя?	Проветривание транспортных и вентиляционных выработок	Выкачивание воздуха из очистного пространства	Вкачивание воздуха в очистное пространство	Обезгазование очистного забоя
3	1	1	Какие методы проветривания применяются в шахте?	Нагнетательные, всасывающие, комбинированные	Нагнетательные и всасывающие	Всасывающие и нагнетательные	Всасывающие и комбинированные
3	6	1	Каким прибором измеряется скорость воздуха	Анемометром	Психрометром	Газоанализатором	Манометром

			в выработках?				
2	6	3	Каким прибором определяется состав аэрологии шахты?	Интерферометром	Газоанализатором	Анемометром	Психрометром
3	3	2	Каким естественным способом осуществляются взрывные работы?	Химическим взрывом ВВ	Химическим взрывом	Физическим взрывом	Взрывание электрическим зарядом
3	3	1	Укажите вид пласта углом падения 18 - 39°	наклонный	средненаклонный	Крутопадающее	Пологий
1	1	2	При каком содержании концентрации оксида углерода начинается головная боль, шум в ушах и отравление	0,05 %	0,01 %	0,1 %	0,15 %
1	1	2	Какое количество нахождение человека опасно для жизни при концентрации акролеина 0,014% в воздухе	10 минут	15 минут	18 минут	20 минут
1	1	1	Бесцветный, бесвкусный, без запаха с плотностью 1,11 г/см ³ газ это	кислород	водород	неон	
1		1	Бесцветный, бесвкусный, без запаха с плотностью 0,97 г/см ³ газ это	Оксид углерода	Газ карбона ангрида	кислород	водород
1	1	2	При каком содержании оксида углерода после нескольких вдохов воздухом человек теряет сознание?	1%	1,5%	2%	2,5%
1	1	1	Какой газ имеет кислый вкус, легко тает в воде и имеет плотность 1,52г/см ³ ?	Газ карбона ангрида	кислород	водород	неон
1	1	2	При каком содержании	0,0005%	0,0003%	0,0004%	0,0002%

			концентрации акролеина в воздухе возникают трудности дыхания?				
1	1	2	При каком содержании серы – газа водорода опасно для жизни?	0,1%	0,15%	0,2%	0,25%
1	1	2	Бесцветный, с острым запахом, со вкусом серы плотностью 2,2 г/см ³ газ - это	Серный газ	Серо – водород	Оксид углерода	Газ карбона ангрида
1	1	2	Бесцветный, удушающий, плотностью 1,04 г/см ³ газ- это	Формалдегид	Акролеин	Серный газ	Серо – водород
1	1	2	Бесцветный, с запахом яйца плотностью 1,19 г/см ³ газ – это	Серо – водород	Оксид углерода	Газ карбона ангрида	кислород
1	1	2	Бесцветный, без запаха, без вкуса , плотностью 0,97 г/см ³ – газ это	азот	кислород	водород	неон
1	3	2	Во сколько раз деффузия метана больше деффузии воздуха?	В 1,6 раз	В 1 раз	В 2 раза	В 3,2 раза
1	1	3	При каком содержании формалдегина в воздухе у человека наблюдаются следующие признаки: нарушение переваривания пищи, учешение пульса, постоянные головные боли, слезотачивость?	0,002%	0,003%	0,004%	0,005%
1	1	2	Сколько литров газа выделяется при взрыве 1 кг аммонита № 6 ?	910 литров	610 литров	1210 литров	710 литров
1	1	2	По месту накоплению источников	Внешние и внутренние	Внутренние	Внешние	Внешние и внутренние, комбинирован

			загрязнения атмосферы воздуха шахты бывают...				ные
1	1	2	При каком содержании CH ₄ начинается нехватка кислорода?	43%	63%	23%	53%
1	3	2	Какова температура взрыва метана в закрытом пространстве (шахте)?	2200-2700 ⁰ С	2000-2500 ⁰ С	2500-2800 ⁰ С	2400-2900 ⁰ С
1	3	2	Какому значению равна метанородность угля в глубоких пластах ?	45 м ³ /т	55 м ³ /т	65 м ³ /т	75 м ³ /т
1	1	3	Как определяется интенсивность выделения вредных газов и пыли в атмосферу шахты?	$G_{um} = \sum g_i + \sum g_{r.r.} + \sum g_{v.n}$	$G_{um} = \sum g_{r.r.} + \sum g_{v.n}$	$G_{um} = \sum g_{r.r.} - \sum g_{v.n}$	$G_{um} = \sum g_i - \sum g_{r.r.} + \sum g_{v.n}$
1	2	2	Какой газ бесцветный, без запаха и вдвое легче воздуха?	метан	пропан	бутан	этан
1	3	2	Метаноносность пласта – это...	Количество метана в свободном состоянии или в состоянии сорбции 1 т угля или пустой породы	Количество метана 1 т угля в свободном или сорбционном состоянии	Количество метана 1 т пустой породы в свободном состоянии или сорбции	Количество метана 1 кг угля и пустой породы в свободном состоянии или сорбции
1	3	2	Относительной метанообильность шахты – это:	общее количество выделившегося в шахте (выработке) метана, отнесенное к 1т добываемого угля	количество метана, выделяющегося в шахте (выработке) (обычно измеряется в м ³ /мин).	общее количество выделившегося в шахте (выработке) метана, в течение сутки отнесенное к 1т добываемого угля в смене	общее количество выделившегося в шахте (выработке) метана, в течение сутки отнесенное к 1т добываемого угля за цикл
1	3	2	Абсолютной метанообильностью называется:	количество метана, выделяющегося в шахте (выработке) в	количество метана, выделяющегося в шахте (выработке) из	общее количество выделившегося в шахте (выработке)	количество метана, выделяющегося в выработке 1м ³ угля за

				единицу времени (м ³ /мин)	1м ³ угля	метана, в течение суток отнесенное к 1т добываемого угля	проходческий цикл
1	3	2	Метанообильность различают на:	абсолютную и относительную	Низкий, высокий, очень высокий	очень низкий, высокий, абсолютно высокий	Неметалообильный, малометанообильный, среднеметанообильный, метанообильность высокой степени
1	3	1	Категория шахты по метану устанавливается :	по относительной метанообильности наиболее газоносного пласта	ежегодно по трем замерам газообильности и в начале, середине, и конце месяца,	По общей количества выделяемого метана за сутки	По общей количества выделяемого метана из шахты в летный период
1	8	2	Температура воздуха горных выработок при скорости 2м/с и влажности 90% не должна превышать.....	+ 26°С	+ 20°С	+ 18°С	+ 22°С
1	3	2	По относительной метанообильности угольной шахты делится на сколько категорий	4	5	3	6
1	4	3	Считаются опасными по газу и должны быть переведены на газовый режим.	Шахты, в которых выделялся или выделяется метан хотя бы на одном пласте	Шахты, в которых выделяется метан на двух и более пластах	Шахты, в которых выделялся метан не зависимо от количества источников	Шахты, в которых выделяется газы от продуктов взрыва не зависимо от выброса метана
1	4	2	Нижний предел взрывчатости метановоздушной смеси	5%	15%	25%	3 %
1	3	2	Согласно ПБ, концентрация метана в рудничном воздухе исходящая из участка, очистного забоя	1,0%;	1,5%;	0.8%;	2,0%;

			и подготовительно й выработки не должна превышать				
1	3	2	Согласно ПБ, концентрация метана в рудничном воздухе исходящая из шахты, крыла не должна превышать	0,75%;	1,5%;	1,0%;	1,3%;
1	3	3	Согласно ПБ, концентрация метана в рудничном воздухе поступающая в очистные или подготовительн ые забои не должна превышать	0,50%;	0,70%;	0,60%;	0,1 %;
1	3	2	Согласно ПБ, концентрация метана в рудничном воздухе в местах скопления (очистных, подготовительн ых и других выработках не должна превышать	2,0%.	0,1 %.	5,0%.	2,5%.
1	4	1	К газодинамически м явлениям относят:	внезапные выбросы угля и газа (внезапные выдавливания), обрушения (высыпания) угля с попутным газовыделение м, внезапные выбросы породы и газа	внезапные выбросы газа (внезапные выдавливания), обрушения (высыпания) с попутным газовыделение м, внезапные выбросы породы и газа	внезапные выбросы угля и газа (внезапные выдавливания), обрушения (высыпания) угля с попутным газовыделением, внезапные выбросы породы и газа	внезапные выбросы угля и газа (внезапные выдавливания) , обрушения (высыпания) угля с попутным газовыделение м, внезапные выбросы породы и газа
1	5	2	Основной метод	Обильное	Обеспечение	Беспереривное	Беспереривное

			борбы с метановиделением – это:	проветривание шахты, обеспечение снижения содержания газа в подземных выработках до допустимой безопасной нормы	полной проветривание подготовительных и других сопутствующих выработок	проветривание выработок	проветривание выработок и предварительное дегазация шахты
2	5	2	Что устанавливается горным машинам для предотвращения местного скопления метана	Водо-воздушные эжекторы	Газаанализаторы	Водяные орасители	вентиляторы
	2	3	При повышенной концентрации каких газов действуя на легких приводит кашель, зажиму грудной клетки и хрипу	Сернистый газ	Сернистый – водород	Оксид углерода	Карбонат ангидрид
1	4	3	Отличительными признаками внезапного выброса угля и газа являются:	а) отброс угля от забоя на расстояние, превышающее протяженность возможного размещения его под углом естественного откоса; б) образование в угольном массиве характерной полости; в) смещение угля в выработку; г) повышенное, по сравнению с обыкновенным, выделение газа в горную выработку.	а) отброс угля от забоя под прямым углом естественного откоса; б) внезапное образование в угольном массиве инертных газов; в) смещение угля и газа в выработку; г) повышенное выделение газа в горную выработку.	-отброс газа-угольной смеси от забоя; -в угольном массиве характерной полости; - образование пили и смещение угля в выработку; - повышение концентрации газа в горной выработке.	-Возгорания угля прямо в забое; - образование в угольном массиве многочисленных трещин и снижение устойчивости крепи; - расслаивание угля и массива; Обрушение боковой части выработки, а иногда Польный.
1	4	1	Что представляет собой внезапный выброс угля и газа?	сложное газодинамическое явление в несколько стадий	повышение трещиноватости, лавинно развивающееся разрушение	разрушение напряженной призабойной части пласта	лавинно развивающееся разрушение угольного пласта под

					угольного массива под действием горного и газового давления, понижение прочности угля и повышение количества свободного газа		действием горного и газового давления
1	4	1	Шахтопласты по выбросу угля подразделяют на:	выбросоопасные и невыбросоопасные	Опасные к обрушению и без опасные по выбросу	Вредные и невредные с точки зрения выбросоопасности	Опасные и неопасные по метану
1	8	3	Что в основном представляет собой кондиционирование шахтного воздуха	Снижение или повышение температура воздуха	Снижение температура воздуха	Повышение температура воздуха	Циркуляция воздуха и разжижение вредных газов
1	7	2	Какова должна быть величина температур в стволе на расстоянии 5м от канала колориферной установки	+ 2°C	+ 4°C	+ 6°C	+ 8°C
3	8	1	Укажите установки для обеспечения шахты нормальными температурными условиями	колорифер	кондиционер	вентилятор	Колорифер, кондиционер
3	4	3	По какому выражению определяют производительность калориферной установки	$Q_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot Q_1 \cdot \frac{t_1 - t_n}{t_2 - t_n}$	$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{t_1 - t_n}{t_2 - t_n}$	$Q_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} \cdot Q_1$	$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{t_1 + t_n}{t_2 - t_n}$
3	4	1	Каким прибором в условиях шахты определяют влажность воздуха	психрометр	анемометр	барометр	манометр
3	2	3	По какой формуле определяется полная депрессия во всасывающем	$h_{io'l} = h - P_{ck}$	$h_{io'l} = \Psi + P_{ck}$	$h_{io'l} = \Psi - P_{ck}$	$h_{io'l} = h + P_{ck}$

			трубопроводе				
2	2	2	Кому принадлежит уравнения по взаимосвязи давлений статического и скоростного потоков воздуха?	Бернулли	Паскал	Ньютон	Эйнштейн
2	2	2	Как называется переход воздуха от ламинарного движения к турбулентному движению	Критической скоростью	Скоростью оний	Планомерным ускорительным движением	Скосостью свободного падения
2	3	2	Величина минимальной скорости движения воздуха по выработкам в соответствии правил <i>безопасности</i>	0,25 м/с	0,5 м/с	0,75 м/с	0,10 м/с
2	2	1	Как называется движения воздуха по проветриваемым выработкам?	турбулент	ламинар	смешенный	Ламинар ва смешанный
2	2	3	Какие возможные типы всех воздушных потоков в выработках?	Ограниченных (или имеющих строгого ограничения) и свободных(свободно струйных), не имеющих строгого ограничения потоков	Ограниченных и строго ограниченных потоков	Свободных и свободно струйных потоков	Свободных и струйных потоков
2	2	3	По какой формуле определяется коэффициент местного сопротивления - ξ	$\xi = (1 - \frac{S_1}{S_2})^2$	$\xi = (1 + \frac{S_1}{S_2})^2$	$\xi = (2 - \frac{S_1}{S_2})^2$	$\xi = (2 + \frac{S_1}{S_2})^2$
2	7	2	Понятия используемое для относительной оценки легкости или трудности проветривания шахт.	Эквивалентная отверстия	Коэффициент местного сопротивления	Скорость потока	Скорость депрессия

2	7	3	При какой величине сечения эквивалентной отверстию шахта читается труднопроетриваемыми?	$A < 1\text{ м}^2$	$A = 1-2\text{ м}^2$	$A > 2\text{ м}^2$	$A \geq 2\text{ м}^2$
3	8	2	Какие аномометры используется при скорости движения воздуха более 5 м/с ?	Чашечный	Крилчатый	Чашечный	Винтовой
3	8	3	При измерения скорости воздуха с помощью аномометра по методу “перед от себя”, замерщик по сечению выработки крутит аномометра.....	Против потока воздуха	По потоку воздуха	По боковой	Двусторонно по боку и потоку воздуха
2	7	2	При какой величине сечения эквивалентной отверстию шахта относится проветриваемым и средней трудности?	$A = 1-2\text{ м}^2$	$A > 2\text{ м}^2$	$A < 1\text{ м}^2$	$A \geq 2\text{ м}^2$
2	8	2	Какова количества методов измерения скорости воздуха анемометрами ?	2	3	1	4
3	4	2	Какова продолжительность измерения скорости воздуха?	100с	60с	120с	180с
3	4	2	Какие аномометры используется при скорости движения воздуха до 0,3÷5 м/с	Крилчатый	Чашечный	вентеляционный	комбинированный
3	4	3	При какой	$A > 2\text{ м}^2$	$A = 1-2\text{ м}^2$	$A < 1\text{ м}^2$	$A \geq 2\text{ м}^2$

			величине сечения эквивалентной отверстию шахта относится к легкопроветриваемым?				
3	3	2	Какова норма воздуха на одного человека при подземной работе?	6м ³ /мин	8м ³ /мин	10м ³ /мин	4м ³ /мин
3	3	3	Минимальная ширина предзбойного пространства при подземной разработке угля	2,0-2,5 м	1,0-1,5 м	4,0-6,0 м	7,0-8,0 м
3	4	3	Из сколько технологических звенов состоит рудничный и внутришахтный транспорт?	Из трех звенов	Из двух звенов	Из четырех звенов	Из одной общей звено
3	1	2	Какие способы используется при проветривании шахты?	Всасывающий, нагнетательный и комбинированный	нагнетательный и депрессионный	Всасывающий и нагнетательный	Всасывающий, диффузионный и комбинированный
3	1	3	Максимальное время проветривание подземных горных выработок после проведения взрывных работ	30мин	15мин	25мин	20мин
3	4	2	Производительность вентилятора должен составит не менее % от общей количества воздуха движущиеся по сквозной выработки под действием общешатной депрессии.	70 %	90 %	80 %	50 %
3	3	2	В шахтах неопасных по газу и пыли, до какой длине	10 м	15 м	20 м	30 м

			тупиковых выработок допускается проветривания за счет диффузии воздушного потока вблизи выработки				
3	2	2	До какой длины проветриваемых выработок допускается проветривания с использованием перемичек и трубопроводов	60 м	30 м	40 м	50 м
3	2	3	По направление движение воздуха схемы проветривания шахтного пол (секции) могут быть:	Централь-ный, фланговый и комбинированный	Центральный и фланговый	Центральный, замкнутый и комбинированный	Центральный, рассредоточенный и круговой
3	2	2	Каким анемометрам измеряется самая минимальная величина (0,05÷0,3 м/с) воздушного потока ?	термоанемометром	микроанемометром	Чашечным анемометром	високочувствительным анемометром
2	4	3	способ соединения вентиляторов между собой могут быть:	Последовательный, параллельный и комбинированный	Групповой, параллельный и комбинированный	параллельный и комбинированный	Ступенчатый, последовательной, параллельный и комбинированный

Примечание

Часть I. Рудничная атмосфера

- 1.1. Рудничный воздух
- 1.2. Метан, его происхождение и свойства
- 1.3. Метанообильность горных выработок и шахт
- 1.4. Внезапные выбросы угля и газа в шахтах
- 1.5. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах
- 1.6. Борьба с метаном методами дегазации
- 1.7. Рудничная пыль
- 1.8. Тепловой режим шахт

Часть II. Рудничная аэродинамика

- 2.1. Основные понятия и определения рудничной аэродинамики
- 2.2. Аэродинамическое сопротивление горных выработок

- 2.3. Шахтные вентиляционные сети и методы их расчета
- 2.4. Виды вентиляционных соединений и их расчет
- 2.5. Расчет сложных вентиляционных соединений
- 2.6. Анализ работы вентиляторов на вентиляционную сеть
- 2.7. Естественная тяга воздуха в шахтах
- 2.8. Регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети

Часть III Проветривание шахт

- 3.1. Проветривание подземных выработок при их сооружении
- 3.2. Проветривание горизонтальных и наклонных выработок
- 3.3. Проветривание очистных выработок
- 3.4. Проектирование вентиляции шахт

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (ТК, ПК, ИК)

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

ВОПРОСЫ ПЕРВОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

1. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками
2. Атмосферный воздух
3. Физико-химические свойства метана
4. Виды выделений метана в шахтах
5. Классификация газодинамических явлений шахтах
6. Отработка защитных пластов
7. Классификация методов дегазации
8. Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли
9. Тепловой режим и тепловой баланс
10. Основные физические характеристики рудничного воздуха
11. Основные законы аэростатики
12. Основной закон движения воздуха по горным выработкам
13. Вентиляционная сеть.
14. Элементы шахтной вентиляционной сети
15. Последовательное, параллельное и диагональные вентиляционные соединения
16. Изменение состава и свойств воздуха при его движении по горным выработкам
17. Происхождение и формы связи метана с горными породами
18. Неравномерность обычного метановыделения
19. Основы теории внезапных выбросов угля и газа
20. Применение гидрорыхления угольного пласта
21. Дегазация разрабатываемого пласта скважинами
22. Дегазация при проведении подготовительных выработок
23. Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли
24. Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках
25. Режимы движения воздуха в шахтах.
26. Критерий Рейнольдса
27. Законы сопротивления
28. Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха
29. Метаноносность и метаноёмкость угольных пластов и вмещающих пород
30. Меры борьбы с выделениями метана

2. ВОПРОСЫ ВТОРОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

31. Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива
32. Способы дегазации спутников (сближенных пластов)
33. Особенности взрывов угольной пыли в шахтах
34. Подогрев подаваемого в шахту воздуха
35. Основные законы аэродинамики
36. Особенности взрывов угольной пыли в шахтах
37. Типы воздушных потоков
38. Единицы сопротивления. Эквивалентное отверстие
39. Совместная работа вентиляторов
40. Измерение величины депрессии на действующих шахтах
41. Преобразование треугольника в звезду
42. Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги
43. Причины, вызывающие необходимость регулирования
44. Способы регулирования подачи воздуха в шахт
45. Особенности проветривания при проходке стволов
46. Способы проветривания тупиковых горных выработок
47. Основные схемы проветривания очистных выработок
48. Порядок проектирования проветривания шахт
49. *Основы промышленной вентиляции*
50. Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт

51. Отрицательное и положительное регулирование
52. Способы и схемы вентиляции стволов при проходке
53. Особенности проветривания длинных тупиковых выработок
54. Способы проветривания шахт
55. Выбор способов и схем проветривания шахт
56. Порядок выбора вентилятора главного проветривания
57. Основные вредности промышленных предприятий и способы определения воздухообмена
58. Естественная вентиляция промышленных помещений
59. Искусственная вентиляция промышленных помещений
60. Местная вентиляция

3. ВОПРОСЫ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками
2. Дегазация разрабатываемого пласта скважинами
3. Преобразование треугольника в звезду
4. Атмосферный воздух
5. Дегазация разрабатываемого пласта скважинами
6. Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги
7. Дегазация при проведении подготовительных выработок
8. Причины, вызывающие необходимость регулирования
9. Виды выделений метана в шахтах
10. Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли
11. Способы регулирования подачи воздуха в шахт
12. Классификация газодинамических явлений шахтах
13. Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках
14. Особенности проветривания при проходке стволов
15. Отработка защитных пластов
16. Режимы движения воздуха в шахтах.
17. Способы проветривания тупиковых горных выработок
18. Классификация методов дегазации
19. Критерий Рейнольдса
20. Основные схемы проветривания очистных выработок
21. Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли
22. Порядок проектирования проветривания шахт
23. Тепловой режим и тепловой баланс
24. Законы сопротивления
25. *Основы промышленной вентиляции*
26. Основные физические характеристики рудничного воздуха
27. Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха
28. Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт
29. Основные законы аэростатики
30. Метаноносность и метаноёмкость угольных пластов и вмещающих пород
31. Отрицательное и положительное регулирование
32. Основной закон движения воздуха по горным выработкам
33. Меры борьбы с выделениями метана
34. Способы и схемы вентиляции стволов при проходке
35. Вентиляционная сеть
36. Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива
37. Особенности проветривания длинных тупиковых выработок
38. Элементы шахтной вентиляционной сети
39. Способы дегазации спутников (сближенных пластов)
40. Способы проветривания шахт

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

Общие вопросы

5. Что изучается в курсе “Рудничная аэрология”?
6. Что является основной задачей курса?
7. Кто является основоположником курса “Рудничная аэрология” как науки?
8. Какие из НИИ и учебных институтов ведут широкие работы в области “Рудничной аэрологии”
9. Почему при движении атмосферного воздуха по горным выработкам изменяется его химический состав и физические свойства?
10. Какие ядовитые примеси могут поступать в атмосферу горных выработок?
11. Источники поступления окиси углерода в горные выработки, ее физико-химические свойства, характер воздействия на организм, опасные и ПДК согласно ПБ.
12. Источники поступления в горные выработки сероводорода (H_2S) и сернистого газа (SO_2), их физико-химические свойства, характер воздействия на организм, опасные концентрации, допустимые ПБ.
13. Источники поступления окислов азота в горные выработки, их физико-химические свойства, характер воздействия на организм, признаки отравления, опасные и допустимые ПБ концентрации.
14. Какие газы образуются при работе двигателей внутреннего сгорания? Их свойства, опасные и допустимые ПБ концентрации.
15. Что называется рудничным газом?
16. Какой запах, цвет и вкус имеет метан?
17. Какой относительный удельный вес метана?
18. При какой концентрации метана в воздухе образуется взрывчатая смесь?
19. Какое физиологическое воздействие оказывает метан на организм?
20. В каких формах содержится метан в горных породах?
21. Что называется метаноносностью и метаноёмкостью угольных пластов?
22. Требования ПБ к содержанию метана в шахтах?
23. Что называется обыкновенным выделением метана?
24. Какое метановыделение называется суфлярным?
25. Какое метановыделение относится к суфлярам первого рода, а какое к суфлярам второго рода?
26. Чем характеризуется внезапное выделение метана с выбросом угля или породы?
27. Как делятся шахты на категории в зависимости от метанообильности и вида выделений метана?
28. Под воздействием каких сил формируется внезапный выброс угля и газа?
29. Что положено в основу при разработке классификации газодинамических явлений?
30. Почему газодинамические явления наиболее часто происходят в зонах геологических нарушений?
31. Чем объясняется локальность выбросоопасности?
32. Какие пласты относят к опасным и не опасным по внезапным выбросам?
33. Почему снижается выбросоопасность пластов подверженных подработке, надработке?
34. Как определяется зона защитного действия при отработке защитного пласта?
35. В чем заключается физическая сущность механизма гидрорыхления?
36. Почему снижается выбросоопасность при бурении опережающих скважин и вымывании опережающих полостей?
37. Физическая сущность эффективности разгрузочных пазов как меры борьбы с выбросами.
38. Какие существуют способы вскрытия выбросоопасных пластов?
39. Как осуществляется дегазация сближенных пластов и пропластков скважинами?
40. Как осуществляется дегазация разрабатываемых пластов скважинами?
41. Как осуществляется дегазация пластов и пропластков методом гидрорасчленения?
42. Как осуществляется дегазация выработанных пространств?
43. Какие способы дегазации относятся к оперативным?
44. Какие способы дегазации относятся к заблаговременным?

45. Как определяется эффективность дегазации?
46. Какими опасными свойствами обладает угольная пыль?
47. Какие факторы оказывают влияние на опасные свойства пыли?
48. Как разделяются взрывы пыли по скорости распространения пламени и движения газообразных продуктов?
49. Какие основные меры борьбы предусматриваются со взрывами угольной пыли в шахтах?
50. Какие параметры состояния рудничного воздуха регламентируются ПБ?
51. Какие основные факторы определяют температуру воздуха в шахтах?
52. Что такое геотермическая ступень?
53. Какие меры борьбы применяют с высокими и низкими температурами воздуха в горных выработках?
54. Как трактуется закон сохранения массы применительно к движению воздуха по горным выработкам?
55. Как трактуется закон сохранения энергии применительно к движению воздуха по горным выработкам?
56. Как трактуется закон сохранения массы применительно к движению?
57. Какой режим движения воздуха называют ламинарным?
58. Какой режим движения воздуха называют турбулентным?
59. Каким критерием оценивается режим движения воздуха?
60. Какие типы воздушных потоков наблюдаются в шахтах при движении воздуха?
61. Что понимают под законом сопротивления?
62. Какие виды сопротивлений встречаются при движении воздуха в шахтах?
63. Чем обусловлено сопротивление трения?
64. В каких случаях возникают лобовые и местные сопротивления?
65. Что называется пропускной способностью выработки или шахты?
66. Что называется эквивалентным отверстием?
67. Что называется шахтной вентиляционной сетью?
68. Как изображаются вентиляционные сети?
69. Что называют узлом вентиляционной сети?
70. Что называют вентиляционной ветвью?
71. Что называют элементарным контуром?
72. Как трактуется закон сохранения массы применительно к узлу вентиляционной сети?
73. Как трактуется закон сохранения энергии применительно к элементарному контуру?
74. Какое соединение горных выработок называется последовательным?
75. Какое соединение горных выработок называется параллельным?
76. Какое соединение горных выработок называется диагональным?
77. Как определяется общее сопротивление и депрессия последовательного соединения?
78. Как распределяется воздух в параллельном соединении выработок?
79. Как определяется общая пропускная способность параллельно соединенных выработок?
80. В чем состоит сущность расчета сложных вентиляционных соединений методом итераций?
81. Какое существует правило введения поправок при расчете сложных вентиляционных соединений методом итераций?
82. Изменяется ли режим проветривания вентиляционной схемы при замене треугольника на звезду?
83. Какие принципы заложены при преобразовании треугольника в звезду?
84. Какой принцип заложен в графический метод расчета параллельных соединений?
85. Какие существуют методы анализа совместной работы вентиляторов?
86. Как осуществляется построение суммарной характеристики вентиляторов, установленных на одном стволе на последовательную и параллельную работу?
87. Как осуществляется построение приведенной характеристики вентиляторов?
88. Как осуществляется построение активизированной характеристики сети?
89. В каких случаях работа вентилятора может быть неустойчивой?
90. Какие причины обуславливают возникновение естественной тяги воздуха в шахтах?

91. Как изменяется депрессия естественной тяги в зависимости от времени года?
92. Какой метод положен в основу расчета величины депрессии естественной тяги?
93. Как измерить величину депрессии естественной тяги на действующей шахте?
94. Какой величины может достигать депрессия естественной тяги в зависимости от глубины шахты?
95. Как влияет депрессия естественной тяги на режим работы вентилятора и проветривание шахты?
96. Какие причины вызывают необходимость регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в сети?
97. Какими способами осуществляется регулирование подачи воздуха в шахту?
98. Какие способы регулирования относят к отрицательным?
99. Какие способы регулирования относят к положительным?
100. Какими способами осуществляется регулирование подачи воздуха в шахту?
101. Какие способы регулирования относят к отрицательным?
102. Какие способы регулирования относят к положительным?
103. Какой закон положен в основу расчета аэродинамического сопротивления и депрессии вентиляционного окна
104. Какие существуют способы подачи воздуха в забои подготовительных выработок?
105. По каким факторам определяется количество воздуха, необходимого для проветривания подготовительных забоев?
106. Какие особенности возникают при проветривании стволов?
107. Какой порядок выбора трубопровода и вентиляторов для проветривания ствола?
108. Какие типы вентиляционных труб применяются для проветривания горизонтальных и наклонных выработок?
109. Какое отставание вентиляционных труб допускают ПБ на газовых и негазовых шахтах?
110. На каком расстоянии от исходящей струи устанавливается ВМП?
111. Как определяется необходимый расход воздуха для проветривания выработки по метановыделению?
112. Какую концентрацию газов допускают ПБ после ведения взрывных работ по углю в подготовительном забое?
113. На какие 4-е группы делятся схемы проветривания выемочных участков?
114. Какие преимущества и недостатки имеет обратноточная схема проветривания на вентиляционный штрек?
115. Преимущества и недостатки прямоточных схем проветривания.
116. Недостатки и преимущества обратноточной схемы.
117. По каким факторам определяется количество воздуха, необходимого для проветривания очистных забоев
118. Из каких основных этапов состоит проект проветривания шахты?
119. Какие существуют способы проветривания шахт?
120. На какие группы делятся схемы проветривания шахт?
121. Преимущества и недостатки центральных схем проветривания шахт.
122. Преимущества и недостатки фланговых схем проветривания шахт
123. Как определяется количество воздуха, необходимого для проветривания шахты?
124. Как осуществляется выбор вентилятора главного проветривания?
125. Что называют промышленной вентиляцией?
126. Какие существуют способы определения воздухообмена в промышленных зданиях?
127. Какой процесс называют аэрацией?
128. Как осуществляется естественная вентиляция зданий?
129. На какие виды подразделяется искусственная вентиляция зданий?
130. Назначение местной вытяжной вентиляции

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



РАЗДАТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

Лекция № 1 Введение

План занятия:

- 1.1. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками.
- 1.2. Значение курса в деле обеспечения чистоты и качественного состава воздуха в подземных сооружениях.
- 1.3. Вклад отечественных ученых в дело развития “Рудничной аэрологии” как науки. Главнейшие НИИ и учебные институты, ведущие работы в области “Рудничной аэрологии”.

Цель изучения темы:

1. Довести до сведения студентов содержание курса, его предмет, цели и задачи.
2. Познакомить с отечественными учеными, а также главнейшими НИИ и учебными институтами, ведущими работы в области “Рудничной аэрологии”.

Студенты должны изучать:

1. Предмет изучения курса аэрологии.
2. Цели изучения курса аэрологии.
3. Историю развития “Рудничной аэрологии” как науки.
4. Отечественные ученые, внесшие достойный вклад в дело развития “Рудничной аэрологии”.
5. НИИ и учебные институты ведущие значительные работы в области “Рудничной аэрологии”.

Лекция № 2 Рудничный воздух

План

- 2.1 Атмосферный воздух.
- 2.2 Изменение состава и свойств атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.
- 2.3 Основные составные части рудничного воздуха.
- 2.4 Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха.

Цель изучения темы:

1. Изучить основные причины вызывающие изменение физических свойств и химического состава атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.
2. Изучить источники поступления ядовитых примесей в рудничную атмосферу, свойства ядовитых примесей и меры борьбы с ними.

По данной теме студенты должны изучать:

1. Изменения атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.
2. Ядовитые газы, поступающие в рудничный воздух, их свойства, характер действия на организм, предельно допустимые и опасные концентрации, признаки отравления и характер оказания помощи при отравлении.

1. Кислород (O_2) — газ без цвета вкуса и запаха с удельным весом 1,11 при $t=0^{\circ}C$ и 760 мм. рт. ст. согласно ПБ, минимальное содержание кислорода в рудничном воздухе должно быть не менее 20%. при 12% атмосфера становится смертельно опасной.

2. Углекислый газ (CO_2) — бесцветный газ со слабокислым вкусом. Удельный вес 1,52. Химически весьма инертен, не горит и не поддерживает горения. Физиологически углекислый газ слабо ядовит. при 20÷25% — смертельное отравление. газ образуется также при взрывных работах, рудничных пожарах, взрывах метана и угольной пыли, дыхании людей. Максимально допустимые концентрации CO_2 на рабочих местах и исходящих струях участков — 0,5%

3. Окись углерода (CO) — без цвета, вкуса и запаха; удельный вес 0,97. Горит и взрывается при содержании ее в воздухе 12,5÷75%, наибольшая сила взрыва достигает при 30%. Температура воспламенения газозооушной смеси в этом случае 630÷810 $^{\circ}C$, цвет пламени голубовато-синий. Газ весьма ядовит. При содержании CO около 1% потеря сознания наступает после нескольких вдохов.

4. Окислы азота — образуются при взрывных работах и состоят из смеси окиси азота NO , двуокиси азота NO_2 , двучетырех окиси азота N_2O_4 , пятиокиси азота N_2O_5 . Эти окислы имеют бурый цвет и характерный резкий запах. Окислы азота весьма ядовиты, вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а в тяжелых случаях — отеки легких. Токсичное действие окислов азота проявляется через 4÷6 часов (иногда — через 20÷30 ч). Симптомы отравления: кашель, головная боль, рвота, синюшность, повышение температуры тела, расстройство сердечной деятельности. Смертельная концентрация окислов азота при кратковременном вдыхании — 0,025%. Содержание окислов азота в воздухе действующих выработок угольных шахт не должно превышать 0,0002% в пересчете на NO_2

5. Сернистый газ (SO_2) — бесцветен, имеет сильный раздражающий запах и кислый вкус. Весьма ядовит: он раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, в тяжелых случаях вызывает воспаление бронхов, отек гортани и легких. Концентрация 0,05% опасна для жизни даже при кратковременном вдыхании. Запах SO_2 ощутим с 0,0005%. Сернистый газ образуется при взрывных работах, если они ведутся в сернистых породах или если ВВ содержат серу, при рудничных пожарах и выделяется из горных пород. Содержание SO_2 в воздухе действующих выработок шахт не должно превышать 0,00035%.

6. Сероводород (H_2S) — газ без цвета, со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц (ощутим при содержании его в воздухе до 0,0001%). Сероводород горит и, при концентрации в воздухе 6%, взрывается. Сероводород очень ядовит, действует раздражающе на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Симптомы отравления: раздражение и жжение в глазах и дыхательных путях, усталость, тошнота, рвота, обморок. Смертельно опасен даже при кратковременном воздействии концентрации H_2S 0,1%. Содержание H_2S в воздухе действующих выработок не должно превышать

0,00066%. Сероводород выделяется из горных пород и минеральных источников, кроме того, он образуется при гниении органических веществ, разложении шахтными водами содержащих серу пород, при рудничных пожарах, взрывных работах

7. Аммиак (NH_3) — газ без цвета, с резким характерным запахом; хорошо растворим в воде. При содержании в воздухе 30% аммиака он взрывается. Ядовит, раздражает слизистые оболочки и кожу, а при высоких концентрациях вызывает отек гортани. Допустимое содержание NH_3 в воздухе — 0,0025%.

8. Акролеин — бесцветная легко испаряющаяся жидкость. Образуется в результате разложения дизельного топлива под воздействием высокой температуры. Очень ядовит, раздражает слизистые оболочки, вызывает головокружение, тошноту, боли в желудке, рвоту. Максимально допустимая концентрация его в воздухе 0,00008%.

9. Водород (H_2) — бесцветный газ с удельным весом 0,07. Водород горит и взрывается при содержании его в воздухе от 4 до 74%. Температура воспламенения на $100\text{-}200^\circ\text{C}$ ниже температуры воспламенения метана. Водород выделяется из пород и угля при средней степени его метаморфизма, а также образуется в шахтах при зарядке аккумулятивных батарей. Максимально допустимая концентрация H_2 в воздухе — 0,5%.

10. Тяжелые углеводороды. В рудничном воздухе встречается этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} . Выделяются при разработке малометаморфизированных углей и могут образовываться при взрывных работах. Все три газа взрывчаты, а так же придают воздуху слабые наркотические свойства.

11. Радиоактивные примеси. Наиболее часто встречаются радон, торон и актинон.

Лекция № 3 Метан, его происхождение и свойства

План

3.1 Физико-химические свойства метана.

3.2 Происхождение и формы связи метана с горными породами.

3.3 Метаноносность и метаноёмкость угольных пластов и вмещающих пород.

Цель изучения темы:

Изучение свойств метана продиктовано тем, что его выделения в горные выработки являются одной из главных причин возникновения крупных аварий на шахтах.

По данной теме студенты должны изучать:

1. Физико-химические свойства метана.
2. Происхождение метана и формы его связи с горными породами.
3. Пределы взрываемости метановоздушной смеси.
4. Требования ПБ к содержанию метана в горных выработках.

1. Метан (СН₄) – газ без цвета, вкуса и запаха. При обычных условиях метан весьма инертен и соединяется только с галоидами. В небольших количествах метан физиологически безвреден. Повышение содержания СН₄ в воздухе опасно лишь вследствие уменьшения содержания кислорода, вытесняемого метаном. Метан горит бледным голубоватым пламенем. Примесь к метану этана и пропана придает воздуху слабое наркотическое свойство. Температура воспламенения метана 650÷750⁰С. Она зависит от содержания метана в воздухе, состава атмосферы, давления, источника воспламенения. С воздухом метан образует горючие и взрывчатые смеси. При содержании в воздухе до 5÷6% он горит около источника тепла, от 5÷6 до 14÷16% – взрывается, свыше 14÷16 – не горит и не взрывается, но может гореть у источника тепла при притоке кислорода извне.

2. Метаноносностью называется количество метана, содержащегося в природных условиях в единице веса или в единице объема угля или породы. Имеет размерность м³/т или м³/м³.

3. Метаноемкостью называется количество газа в свободном и сорбированном состоянии, которое может поглотить единица веса или единица объема угля или породы при данном давлении и температуре.

Зависимость сорбционной способности углей от давления (уравнения Лэнгмюра)

$$\frac{P}{x} = \frac{1}{a \cdot b} + \frac{P}{b},$$

Где, **P** – давление газа, ата;

x – количество сорбированного газа, см³/г ;

a, b – коэффициенты Ленгмюра, определяемые при изучении сорбционной способности углей, имеющие размерность соответственно ата⁻¹ и см³/г.

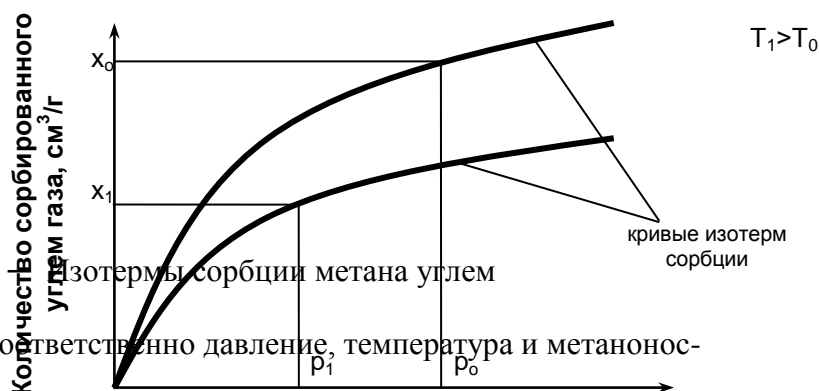


Рисунок 3.1. Изотермы сорбции метана углем

P_0, T_0, x_0 – соответственно давление, температура и метанонос-

ность, характеризующие систему газ–уголь в природных условиях;
 P_1, T_1, x_1 – соответственно давление, температура и метаноносность системы газ-уголь после нарушения равновесного состояния в результате ведения горных работ.

Лекция № 4 Метанообильность горных выработок и шахт

План

- 4.1 Виды выделений метана в шахтах.
- 4.2 Неравномерность обыкновенного метановыделения.
- 4.3 Меры борьбы с выделениями метана.
- 4.4 Метанообильность шахт. Деление шахт на категории.

Цель изучения темы:

Изучить виды выделений метана в шахтах, а также классификацию шахт в зависимости от метанообильности и вида выделения метана.

По теме студент должен изучать:

1. Виды выделений метана в шахтах.
2. Мероприятия по борьбе с суфлярными выделениями метана.
3. Категории деления шахт в зависимости от метанообильности и вида выделений метана.

4. Газовыделение – это процесс поступления газа в атмосферу шахты в результате ведения горных работ.

5. Обыкновенное газовыделения – происходящее из невидимых трещин и пор в угле и породах;

6. суфлярное газовыделения – местное концентрированное выделения газа из природных или эксплуатационных трещин с дебитом $1\text{м}^3/\text{мин}$ и более на участке выработки протяженностью до 20м;

7. внезапное газовыделения – местное выделение больших объемов газа, сопровождающееся разрушением призабойной части угольного пласта.

8. Обыкновенное выделение метана происходит с обнаженной поверхности угольного массива через мелкие, невидимые трещины. Величина этого газовыделения тем больше, чем выше газоносность и газопроницаемость угля, а также газовое давление.

9. Суфлярное метановыделение происходит из крупных, видимых на глаз трещин и пустот в угле и породах или из эксплуатационных трещин.

10. При внезапном выбросе из угольного пласта в выработку за короткий промежуток

времени может выделиться большое количество газа вместе со значительным количеством угольной мелочи.

11. коэффициент неравномерности газовыделения (K_H) определяется как отношение максимального значения газовыделения (I_{\max}) к его среднему значению (\bar{I}).

$$K_H = \frac{I_{\max}}{\bar{I}}$$

Главным предметом разногласий исследователей является способ определения I_{\max} и \bar{I} .

Весь комплекс мер борьбы с метаном в шахтах преследует следующие цели:

- недопущение опасных скоплений метана в выработках;
- предупреждение воспламенения метана;
- ограничение последствий взрывов;
- борьба с суфлярными и внезапными выбросами.

Основной мерой предотвращения опасных скоплений метана является вентиляция, которая считается эффективной, если по всей сети действующих выработок шахты поддерживаются допустимые концентрации газа.

Количество выделяющегося в шахте (выработке) метана и опасность шахты по метану характеризуется ее **метанообильностью**.

Абсолютной метанообильностью называется количество метана, выделяющегося в шахте (выработке) в единицу времени (обычно измеряется в м³/мин).

Относительной метанообильностью шахты (выработки) называется общее количество выделившегося в шахте (выработке) метана, отнесенное к 1т добываемого угля.

По относительной метанообильности шахты делятся на четыре категории.

Категории шахт по метану	I	II	III	сверхкатегорные
Относительная метанообильность шахты м ³ /т	до 5	5÷10	10÷15	от 15 и выше или шахты, разрабатывающие опасные пласты, по выбросам и по суфлярам.

Лекция № 5 Внезапные выбросы угля и газа в шахтах

План

- 5.1 Классификация газодинамических явлений в шахтах.
- 5.2 Основы теории внезапных выбросов угля и газа.
- 5.3 Классификация шахтопластов по признаку выбросоопасности.
- 5.4 Природа локальности выбросоопасности.

Цель изучения темы:

Изучить основы теории внезапных выбросов угля и газа, классификацию газодинамических явлений в шахтах принятую в СНГ, классификацию шахтопластов по признаку выбросоопасности и природу локальности выбросоопасности.

По данной теме студенты должны изучать:

1. Силы, развивающие внезапные выбросы угля и газа.
2. Классификация газодинамических явлений.
3. Подразделение шахтопластов по признаку выбросоопасности.
4. Локальность внезапных выбросов угля и газа

К газодинамическим явлениям относят: *внезапные выбросы угля и газа (внезапные выдавливания), обрушения (высыпания) угля с попутным газовыделением, внезапные выбросы породы и газа.*

Отличительными признаками внезапного выброса угля и газа являются:

- а) отброс угля от забоя на расстояние, превышающее протяженность возможного размещения его под углом естественного откоса;
- б) образование в угольном массиве характерной полости;
- в) смещение угля в выработку;
- г) повышенное, по сравнению с обыкновенным, выделение газа в горную выработку.

Дополнительными признаками внезапных выбросов угля и газа могут быть: повреждение и отброс оборудования, наличие тонкой угольной пыли на откосе выброшенного угля и на крепи.

Внезапные выбросы угля и газа подразделяются на:

- 1) выбросы угля и газа, происшедшие впервые на пластах, ранее считавшихся невыбросоопасными;
- 2) выбросы угля и газа, происшедшие на выбросоопасных пластах, на которых паспортом предусмотрено применение прогноза или способов предотвращения выбросов;
- 3) выбросы угля, происшедшие при производстве сотрясательного взрывания;
- 4) выбросы угля и газа, происшедшие при выемке угля механизмами с дистанционным управлением без прогноза и способов предотвращения выбросов;
- 5) внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением.

Внезапный выброс породы и газа представляет собой газодинамическое явление, возникающее в газоносных породах и характеризующееся быстроразвивающимся разрушением массива с отбросом породы и выделением газа.

Отличительными признаками выброса породы и газа являются:

- а) образование в массиве полости, оконтуренной породой, расслоившейся на тонкие чешуеобразные пластинки;
- б) отброс породы от забоя и дробление значительной ее части до размеров крупнозернистого песка;
- в) повышенное выделение газа в выработку.

Внезапный выброс угля и газа представляет собой сложное газодинамическое явление, протекающее в несколько стадий:

- накопление и перераспределение потенциальной энергии упругих деформаций угольного пласта и вмещающих пород, переход угольного пласта в призабойной части в предельно напряженное состояние, повышение трещиноватости, понижение прочности угля и повышение количества свободного газа (подготовительная стадия);
- быстрое разрушение напряженной призабойной части пласта, сопровождающееся трещинообразованием, дроблением угля, интенсивной десорбцией метана, приводящей к увеличению энергии свободного газа;
- лавинно развивающееся разрушение угольного массива под действием горного и газового давления;
- вынос разрушенного угля в потоке расширяющегося газа;
- прекращение процесса разрушения угольного массива и постепенное уменьшение газовыделения.

Внезапному выбросу угля и газа могут предшествовать предупредительные признаки: выдавливание или высыпание угля из забоя; удары или трески различной силы и частоты в массиве; отскакивание кусочков угля и шелушение забоя; уменьшение прочности угля; резкое увеличение газовыделения в выработку; зажатие бурового инструмента, выброс штыба и газа при бурении шпуров (скважин).

Шахтопласты подразделяют на **выбросоопасные и невыбросоопасные**. В отдельных случаях выделяют особо выбросоопасные шахтопласты или участки.

К выбросоопасным относят пласты в пределах шахтного поля, на которых произошли внезапные выбросы угля, породы и газа, или выбросоопасность которых установлена текущим прогнозом.

К угрожаемым относят пласты в пределах шахтного поля с глубин, указанных в табл. 5.1.

Комплексный показатель М рассчитывается:

$$\begin{array}{ll} \text{при } V^{\text{daf}}=9\dots 29\% & \text{по формуле: } M=V^{\text{daf}}-0,16\cdot y \\ \text{при } V^{\text{daf}} \text{ более } 29\% & \text{по формуле: } M=[(4\cdot V^{\text{daf}}-91)/(y+2,9)+24], \end{array}$$

где V^{daf} – весовой выход летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха, %;

y – толщина пластического слоя угля при его термическом разложении без доступа воздуха, мм (для углей, не склонных к спеканию $y=0$).

Табл..5.1.

Выход летучих веществ, V^{daf} , %	Комплексный показатель степени метаморфизма угля, М, у.е.	Природная газоносность пласта, м ³ на 1т. сухой беззольной массы	Глубина, с которой осуществляется прогноз, м
Более 29	26,3...27,7 24,5...26,2	8 и более 9 и более	400 380
9...29	23,7...27,6 17,6...23,6 13,5...17,5 9,0...13,4	9 и более 11 и более 12 и более 13 и более	380 320 270 230
Менее 9 (но логарифм удельного электросопротивления $\lg\rho < 3,3$)	-	15 и более	150

Лекция № 6. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах

- 6.1 Общие положения.
- 6.2 Отработка защитных пластов.
- 6.3 Применение гидрорыхления угольного пласта.
- 6.4 Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива.
- 6.5 Применение разгрузочных пазов.
- 6.6 Предотвращение выбросов угля и газа при механизированном проведении подготовительных выработок.
- 6.7 Способы вскрытия выбросоопасных пластов.

Цель изучения темы:

Изучение технологии мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа при производстве различных видов горных работ.

По данной теме студенты должны изучать:

1. Меры борьбы с внезапными выбросами угля и газа при производстве горных работ.

Для ликвидации выбросоопасной ситуации достаточно выполнить одно из следующих условий:

- уменьшить напряженное состояние угольного массива (снизить коэффициент концентрации напряжений в призабойной зоне) до величины, при которой невозможно его быстрое разрушение, а также увеличить расстояние от забоя до зоны максимальных напряжений, чтобы технологический процесс выемки угля выполнялся в пределах этой зоны;
- снизить давление газа в пласте (уменьшить газоносность пласта) до величины, при которой работы расширяющегося газа было бы недостаточно для дробления и выноса разрушенного угля в горную выработку;
- изменить свойства пласта, от которых зависит формирование выбросоопасной ситуации: повысить пластические свойства угля, увеличить или уменьшить газопроницаемость пласта.

На этих основных положениях базируются способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа.

Предотвращения внезапных выбросов угля и газа разделяется на региональные и локальные способы.

Региональные способы

Заблаговременные региональные способы: - разработка защитных пластов (подроботка опасных пластов, надроботка опасных пластов, применение локальной защиты); взрывание зарядов большой мощности в специальных скважинах и в горных выработках; гидравлическое расчленение угольных пластов через скважины с поверхности (с последующей дегазацией и физико-химической обработкой).

Опережающие региональные способы: - дегазация пластов через длинные скважины (восходящими скважинами, нисходящими скважинами, пересекающими скважинами); низконапорное увлажнение угольных пластов через длинные скважины; физико-химическая обработка угольного массива (пластифицирующими растворами, раствором соляной кислоты, упрочняющими составами).

Локальные способы: - локальные способы, выполняемые за зоной максимальных напряжений; низконапорное увлажнение пласта через скважины, пробуренные из забоя; нагнетание воды в пласт в режиме рыхления; применение разгрузочно-дегазационных скважин; образование опережающих полостей; торпедирование угольного массива; локальные способы, выполняемые до зоны максимальных напряжений; образование разгрузочных пазов в угольном пласте или в породах кровли или почвы; гидроотжим угольного пласта.

Лекция № 7. Борьба с метаном методами дегазации

План :

- 7.1 Классификация методов дегазации.
- 7.2 Дегазация разрабатываемого пласта скважинами.
- 7.3 Дегазация пластов гидроразрывом и гидрорасчленением.
- 7.4 Способы дегазации спутников(сближенных пластов).
- 7.5 Дегазация выработанных пространств.
- 7.6 Эффективность дегазации.

Цель изучения темы:

Изучение методов дегазации угольных пластов, как средства по снижению метанообильности горных выработок.

По данной теме студенты должны изучать:

1. Применяемые методы дегазации угольных пластов, пропластков, а также выработанных пространств.

Дегазация шахт – совокупность мероприятий, направленных на извлечение и улавливание метана, выделяющегося из различных источников с изолированным отводом его на поверхность (каптаж), а также предусматривающих физическое или химическое связывание метана до поступления его в горные выработки

Дегазация разрабатываемого пласта скважинами

-При дегазации разрабатываемых пластов скважинами, пробуренными из выработок, скважины бурятся в плоскости пласта по восстанию, простиранию, падению или под углом к линии простирания, а также их сочетания или через породную толщу вкрест простирания пласта

Дегазация пластов гидроразрывом и гидрорасчленением- Подземные скважины для гидроразрыва бурят по двум основным схемам: из полевых выработок – при полевой подготовке, по разрабатываемому пласту – при пластовой подготовке. При этом скважины для гидроразрыва можно бурить восстающими, нисходящими или горизонтальными.

Способы дегазации спутников (сближенных пластов): - Место заложения скважины на поверхности следует выбирать так, чтобы к моменту окончания бурения проекция ее забоя на разрабатываемый пласт находилась на расстоянии не менее 30 м впереди очистного забоя и на удалении от вентиляционной выработки не свыше половины длины лавы. Первая скважина должна располагаться на расстоянии 30÷40 м от разрезной печи (монтажной камеры).

Глубина скважины должна быть такой, чтобы расстояние между ее забоем и кровлей вынимаемого пласта равнялось десяти его мощностям.

Скважина обсаживается трубами, затрубное пространство тампонируется цементным раствором на глубину не менее 50 м, тампонирующее также производится в местах пересечения водоносных горизонтов и выработанных пространств. Нижняя часть обсадной трубы перфорируется отверстиями диаметром 10÷15 мм, 20 отверстий на 1 м трубы. Конец неперфорированной части обсадной колонны должен располагаться от кровли вынимаемого пласта на расстоянии не менее 30 его мощностей. При наличии крепких пород нижнюю часть скважины на этом расстоянии от забоя скважины не обсаживают.

После окончания бурения скважины должны быть промыты водой для удаления из них шлама. В момент прохода лавы под скважиной она должна быть подключена к вакуум-наосу. Величина разрежения, создаваемая в скважинах, не менее 150 мм рт. ст. Конечный диаметр скважин и расстояние между ними определяются в зависимости от газоносности подрабатываемых пластов и необходимой эффективности их дегазации.

Дегазация выработанных пространств скважинами практически не отличается от дегазации подрабатываемых сближенных пластов. Отличие состоит в том, что при дегазации

выработанных пространств скважины располагают в зоне беспорядочного обрушения пород или вблизи этой зоны.

Широкое распространение для ликвидации опасных местных скоплений метана при выемке угольных пластов нашел изолированный отвод метана из выработанных пространств с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов).

Метан, отводимый за пределы выемочных участков, выпускается в выработку с исходящей вентиляционной струей после предварительного разбавления его воздухом в смесительной камере до норм ПБ.

В качестве источника тяги могут быть использованы эжекторы и газоотсасывающие вентиляторы, в которых исключена возможность воспламенения метана при ударах и трении вращающихся частей о корпус вентилятора. Электрический привод вентилятора должен омываться свежим воздухом.

Эффективность дегазации оценивается коэффициентом дегазации, равным отношению величины снижения газообильности горной выработки за счет дегазации к газообильности выработки без применения дегазации:

$$K_d = \frac{I - I'}{I},$$

где K_d – коэффициент дегазации, доли ед.;

I – метановыделение в выработку без применения дегазации, $\text{м}^3/\text{мин}$;

I' – метановыделение в выработку при применении дегазации, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Лекция № 8. Рудничная пыль

План

8.1 Общие сведения.

8.2 Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли.

8.3 Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли.

8.4 Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.

8.5 Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).

Цель изучения темы:

Изучение горючих и взрывчатых свойств угольной пыли. Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли. Основные меры борьбы с взрывами угольной пыли в шахтах, пылевой режим.

По теме студенты должны изучать:

3. Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли.

4. Меры борьбы с взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).

Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли

Установлено, что:

- пыль может взрываться при полном отсутствии метана;
- пыль может превратить взрыв небольшого количества метана в взрыв большой силы;
- присутствие в воздухе тонкой и сухой угольной пыли снижает нижний предел взрывчатости смеси метана с воздухом; смесь становится взрывчатой при содержании метана меньше 5%;
- при участии угольной пыли во взрыве продукты его всегда содержат большое количество окиси углерода, которая может явиться причиной гибели людей.

Процесс горения аэрозолей несколько отличен от процесса горения газовых смесей, но между ними есть и много общего.

Температура воспламенения угольной пыли составляет $700 \div 800^\circ\text{C}$, а метановоздушной смеси – $650 \div 750^\circ\text{C}$.

Взрыв угольной пыли имеет ряд особенностей:

- взрыв пылевого облака обуславливается степенью дисперсности пыли, ее способностью к агрегации, содержанием влаги, геометрией пространства, мощностью источника воспламенения;
- химический состав пыли обуславливает выход летучих продуктов, которые принимают участие во взрыве;
- взрыву предшествует накопление тепла в результате реакции окисления и образование газообразных продуктов;
- облако угольной пыли способно самовозгораться электричеством вследствие трения пылинок друг о друга, а при благоприятных условиях – разряжаться с появлением искр, которые могут воспламенить пыль;
- при взрыве пыли всегда образуется много окиси углерода, в то время как при взрыве метана образуется преимущественно углекислый газ.

Химический состав пыли. Склонность пыли к взрыву, является выход летучих веществ, при термическом разложении угля без доступа воздуха.

Главными компонентами в составе летучих веществ, обуславливающими взрывчатость пыли, являются смолистые соединения и тяжелые углеводороды. Основными горючими составляющими летучих веществ являются метан, водород, окись углерода, углекислый газ, этан, тяжелые углеводороды и др.

Дисперсность пыли. Дисперсный состав пыли является существенным фактором, определяющим ее взрывчатость. При больших размерах частиц пыли наблюдается почти линейный рост силы взрыва с увеличением дисперсности или удельной поверхности пыли.

Однако, это возрастание, начиная с частиц диаметром 100 мк, продолжается значительно медленнее. Сила взрыва в отдельных случаях достигает максимума при диаметре частиц около 10 мк. Взрывчатость угольной пыли растет с увеличением степени ее измельчения, и поэтому в шахте по мере удаления от источника пылеобразования она становится потенциально более взрывоопасной.

Состав атмосферы. Если в шахтной атмосфере содержится метан, взрыв возможен при более низких концентрациях пыли. Нижний предел взрываемости сильно взрывчатой пыли равен $17 \div 18 \text{ г/м}^3$, а в присутствии 2,5% метана он понижается до $5 \div 6 \text{ г/м}^3$. Верхний предел взрывчатости, составляет $300 \div 400 \text{ г/м}^3$.

Влажность пыли. Влага действует как инертная добавка. Так как теплоемкость воды больше теплоемкости инертной пыли, то с учетом теплоты испарения вода поглощает тепла в 5 раз больше, чем инертная пыль. Взвешенная в шахтном воздухе пыль с любым содержанием влаги при наличии мощного источника воспламенения может взорваться.

Зольность пыли. Наличие золы снижает взрывчатость угольной пыли, поскольку часть образующегося тепла расходуется на нагрев частичек инертной пыли, что приводит к снижению температуры аэрозоля.

Естественное содержание золы в угле обычно недостаточно, чтобы предупредить взрыв. Поэтому применяют искусственное озоление пыли в выработках – осланцевание.

Лекция № 9. Тепловой режим шахт

План

- 9.1 Общие сведения.
- 9.2 Тепловой режим и тепловой баланс.
- 9.3 Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках.
- 9.4 Подогрев подаваемого в шахту воздуха.

Цель изучения темы:

Значение теплового режима и управление им. Обеспечение нормальных условий в горных выработках по тепловому фактору.

По теме студенты должны знать:

1. Влияние теплового режима на работу шахтного подъема и вентиляторных установок и самочувствие трудящихся.
2. Меры по обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий в горных выработках.

Тепловой режим угольных шахт зависит от следующих факторов:

- температуры поступающего в шахту воздуха;
- температуры пород;
- влажности атмосферы;
- скорости движения и количества проходящего по выработкам воздуха и др.

Изучение теплового режима и управление им имеет большое значение для создания санитарно-гигиенических условий и нормального самочувствия трудящихся в процессе работы.

При температуре воздуха более 28°C производительность труда шахтеров снижается на 30÷40%; кроме того, работа в таких неблагоприятных условиях действует изнуряюще, вызывает сонливость, ослабляет внимание. Основным фактором, определяющим температуру воздуха в шахтах, является температура горных пород.

Тепловой баланс – соотношение между тепловыделением из различных источников, для каждой шахты свой, но все же можно говорить о среднем балансе

Борьба с высокими температурами в шахтах в настоящее время ведется путем выполнения ряда горнотехнических мероприятий и при помощи искусственного охлаждения воздуха.

Улучшение вентиляции способствует снижению температуры в шахте.

Поскольку в зимнее время температура атмосферного воздуха отрицательная, возникает опасность обмерзания воздухоподающих выработок с образованием наледей, нарушения нормальной работы шахтного подъема, обледенения лестничных отделений, нарушения несущей способности крепи и т.п. Поэтому зимой подаваемый в шахту воздух должен подогреваться с тем, чтобы температура его была не ниже +2°C. Подогрев воздуха осуществляется обычно паровыми калориферами и в отдельных случаях – электрокалориферами. Как правило, подогревается сравнительно небольшая часть воздуха до температуры 60÷70°C, не превосходящая 20÷25% от общешахтного его расхода, с тем, чтобы после смешивания с основной вентиляционной струей температура смеси была не ниже +2°C.

Подогретый воздух по специальному каналу подается вентилятором в ствол, где и происходит смешивание с основной вентиляционной струей, поступающей через устье ствола.

Лекция № 10. Основные понятия и определения рудничной аэродинамики

План

- 10.1 Общие сведения.
- 10.2 Основные физические характеристики рудничного воздуха.
- 10.3 Основные законы аэростатики.
- 10.4 Режимы движения воздуха в шахтах. Критерий Рейнольдса.
- 10.5 Основные законы аэродинамики.
- 10.6 Типы воздушных потоков.

Цель изучения темы:

Изучение основных законов, характеризующих движение воздуха по горным выработкам.

По теме студенты должны знать:

- 1.1 Основной закон движения воздуха по горным выработкам и его физический смысл;
- 1.2 Режимы движения воздуха и типы воздушных потоков в шахтах.

Рудничная аэродинамика – наука о законах движения воздуха, а также его газообразных и твердых примесей в шахтных вентиляционных потоках.

Удельный вес – вес единицы объема, Н/м³ (кгс/м³).

$$\gamma = \frac{G}{V},$$

где G – вес данной массы воздуха, Н;
V – ее объем, м³.

Величина, обратная удельному весу и равная объему, занимаемому единицей веса воздуха, называется **удельным объемом** и обозначается:

$$\nu = \frac{1}{\gamma}, \quad \text{м}^3/\text{Н}$$

Плотность – масса единицы объема. Поскольку масса равна весу, деленному на ускорение свободного падения g, то плотность через удельный вес выражается формулой, Н·с²/м⁴ (кг/м³):

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

Плотность воздуха изменяется в зависимости от температуры:

Температура, °С	-20	-10	0	10	20	40
Плотность, кг/м ³	1,39	1,34	1,29	1,24	1,20	1,12

Вязкость – свойство воздуха оказывать сопротивление касательным усилиям.

Динамическая вязкость (μ, коэффициент внутреннего трения) – сила трения между двумя слоями воздуха, отнесенная к единице площади, при градиенте скорости, равном единице; размерность кгс·с/м², кг/(с·м) или Н·с/м².

Сила этого трения по закону Ньютона

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{dU}{dn}, \quad \text{Н·с/м}^2 \quad ($$

где μ - коэффициент пропорциональности, или вязкость;

S - площадь трущихся слоев воздуха, м²;

$\frac{dU}{dn}$ - градиент скорости, т.е. изменение скорости в направлении нормали к ней, м/(с·м)=с⁻¹.

Отношение вязкости к плотности газа называется **кинематической вязкостью**, м²/с:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Динамическая вязкость воздуха в зависимости от температуры составляет:

Температура, °С	-20	-10	0	10	20	40
$\mu \cdot 10^6$ кг/(с·м)	1,59	1,65	1,71	1,77	1,81	1,90

Значение кинематической вязкости воздуха при различной температуре и давлении приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1 – Кинематическая вязкость воздуха

Температура, °С	Значение $\nu \cdot 10^6$ (м ² /с) при давлении, мм.рт.ст.							
	700	720	740	760	780	800	820	840
-5	13,61	13,23	12,88	12,54	12,21	11,91	11,62	11,35
0	14,10	13,71	13,34	13,00	12,65	12,34	12,04	11,75
5	14,61	14,21	13,82	13,46	13,12	12,79	12,47	12,18
10	15,13	14,71	14,30	13,93	13,57	13,23	12,91	12,60
15	15,65	15,22	14,80	14,41	14,05	13,70	13,76	13,04
20	16,19	15,74	15,32	14,91	14,53	14,17	13,82	13,50
25	16,72	16,26	15,82	15,40	15,04	14,63	14,28	13,94
30	17,28	16,80	16,35	15,92	15,51	15,12	14,75	14,41
35	17,85	17,35	16,89	16,44	16,02	15,62	15,24	14,87
40	18,42	17,91	17,43	16,97	16,53	16,13	15,73	15,35

Основные физические характеристики рудничного воздуха

Аэростатика – наука о равновесии газов (воздуха). Она исследует условия, при которых воздух может находиться в неподвижном состоянии – состоянии равновесия. Одной из основных задач аэростатики является определение изменения давления с высотой (глубиной) в покоем воздухе, а также условий равновесия находящегося в воздушной среде тела.

Давление, с которым имеют дело в аэростатике, называется аэростатическим; оно вызывается весом вышележащих слоев воздуха.

Основное уравнение аэростатики в проекциях на координатные оси имеет вид:

$$dp = \rho(X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz),$$

где p - давление;

ρ - плотность воздуха;

X, Y, Z – проекции объемной силы, отнесенной к единице массы;

x, y, z - координаты.

Лекция № 11. Аэродинамическое сопротивление горных выработок

План

- 11.1 Основной закон движения воздуха по горным выработкам.
- 11.2 Законы сопротивления.
- 11.3 Виды сопротивлений.
- 11.4 Единицы сопротивления. Эквивалентное отверстие.

Цель изучения темы:

Изучение основных законов, видов и единиц сопротивления, характеризующих движение воздуха по горным выработкам.

Студенты должны знать:

3. Основной закон движения воздуха.
4. Закон, виды и единицы сопротивления движения воздуха.

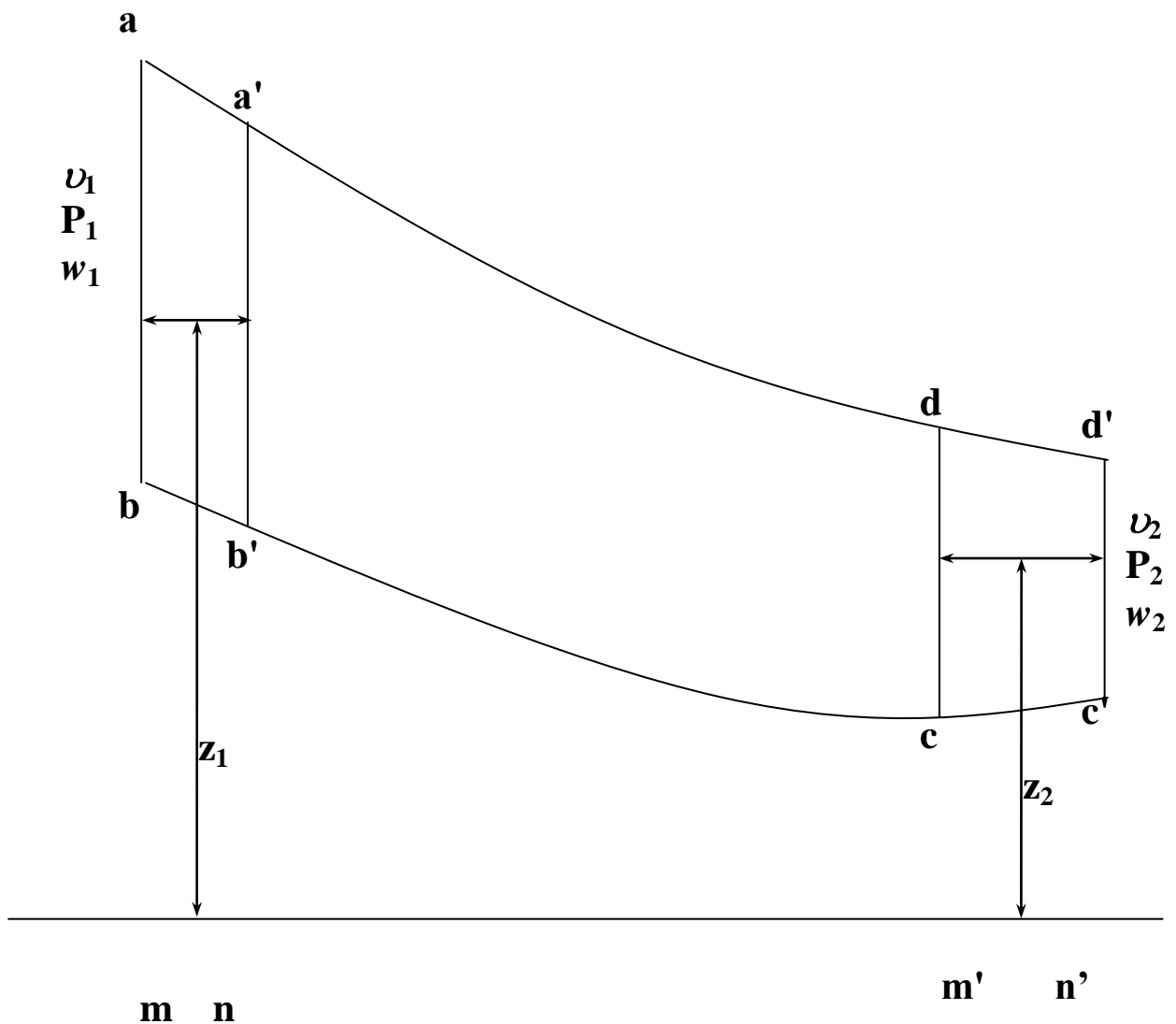


Рисунок 11.1 – Элементарная трубка тока воздуха

Местными сопротивлениями являются различного рода препятствия на пути движения воздуха. К ним относятся: повороты и сопряжения выработок, кроссинги, двери с окнами, внезапные сужения и расширения струи, движущиеся поезда и другие загромождения выработок.

Местные сопротивления вызывают потерю живой силы потока. Величина потери потока напора, вызванная местными сопротивлениями, определяется по формуле:

$$h = \xi \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}, \text{ кг/м}^2,$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления, определяется опытным путем и приводится в справочниках для наиболее распространенных видов местных сопротивлений;

v - средняя скорость движения воздуха до или после местного сопротивления, м/сек.

Общая потеря давления воздуха в выработке равна сумме потерь, затрачиваемых, соответственно, на преодоление трения ($h_{тр}$) и местных сопротивлений (h_m):

$$h_{общ} = h_{тр} + h_m, \text{ кг/м}^2.$$

Лобовое сопротивление имеет место при обтекании воздухом неподвижного тела или при движении тела в неподвижной среде. Потеря напора, вызванная лобовым сопротивлением, определяется по формуле:

$$h_{лоб} = c \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \gamma \cdot \frac{S_{мид}}{S - S_{мид}}, \text{ кг/м}^2$$

где c - сечение выработки в свету, м²;

S - миделево сечение (проекция тела на плоскость, нормальную к оси потока).

Миделево сечение крепи штрекообразных выработок равно проекции крепи на плоскость, нормальную к оси выработки. Обычно у стенки выработки скорость воздуха минимальна, поэтому данный вид сопротивления не играет существенной роли в общем сопротивлении выработки и учитывается общим аэродинамическим коэффициентом α

Эквивалентным отверстием называется такое воображаемое отверстие в тонкой стенке, через которое при депрессии, равной депрессии шахты, проходит такое же количество воздуха, как и через шахту.

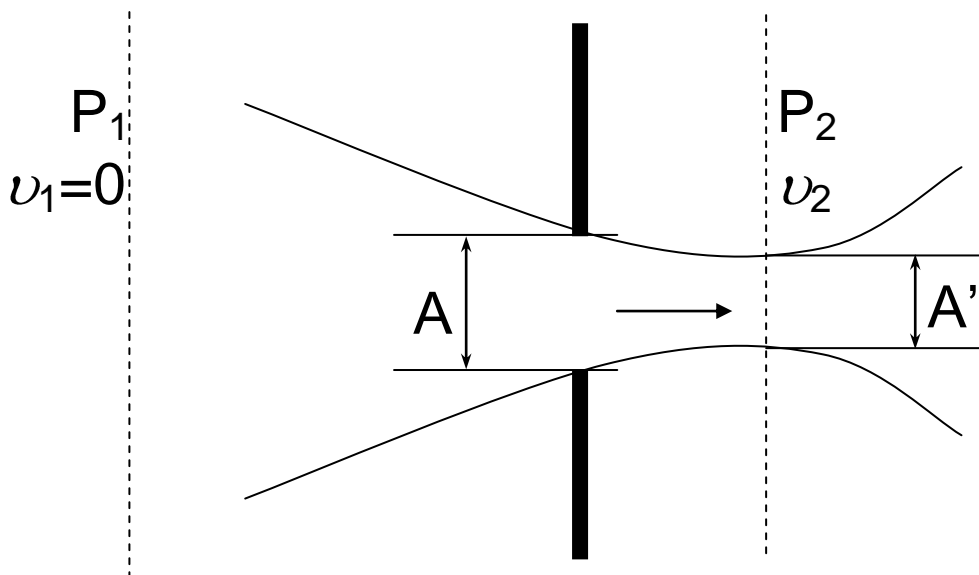


Рисунок 11.2 – Схема к выводу формулы эквивалентного отверстия

эквивалентное отверстие определяется

$$A = \frac{0.38}{\sqrt{R}}.$$

При известных параметрах выработки аэродинамическое сопротивление подсчитано по формуле:

$$R = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}, \text{ кг} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}^8.$$

Лекция № 12. Шахтные вентиляционные сети и методы их расчета

План

- 12.1 Вентиляционная сеть. Вентиляционный план. Элементы шахтной вентиляционной сети.
- 12.2 Законы расчета шахтных вентиляционных сетей.

Цель изучения темы:

Дать основные понятия о шахтной вентиляционной сети и ее элементах. Изучить законы расчета вентиляционных сетей.

Студенты должны знать:

- 3. Определение шахтной вентиляционной сети и состав ее элементов.
- 4. Законы движения воздуха в шахтной вентиляционной сети.

Совокупность связанных между собой горных выработок шахты, по которым движется воздух, называется **вентиляционной сетью**. Вентиляционные сети шахт изображаются в виде планов и схем.

Вентиляционным планом называется вычерченный в масштабе план горных выработок, на котором стрелками указано направление движения воздуха

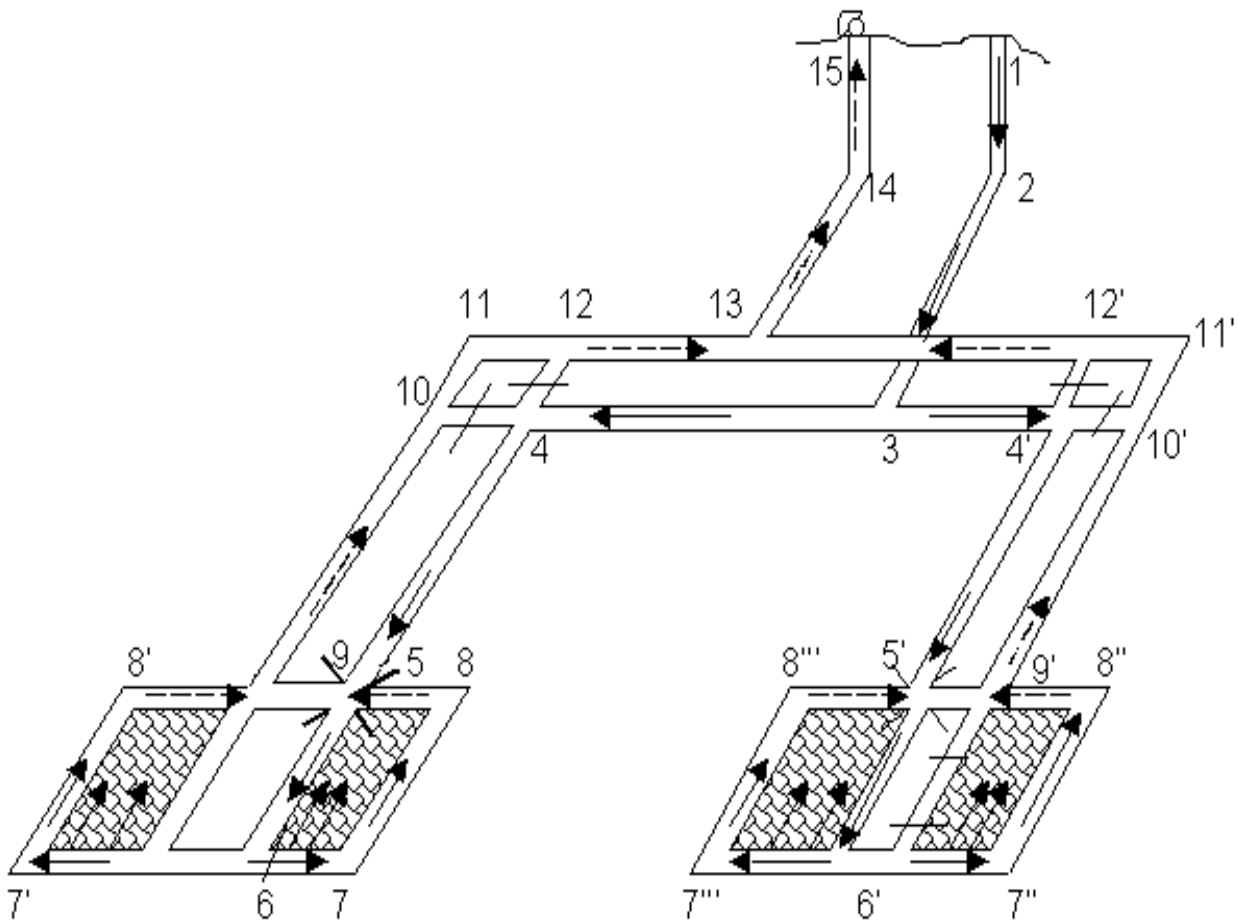


Рисунок 12.1 – Пример вентиляционного плана шахты

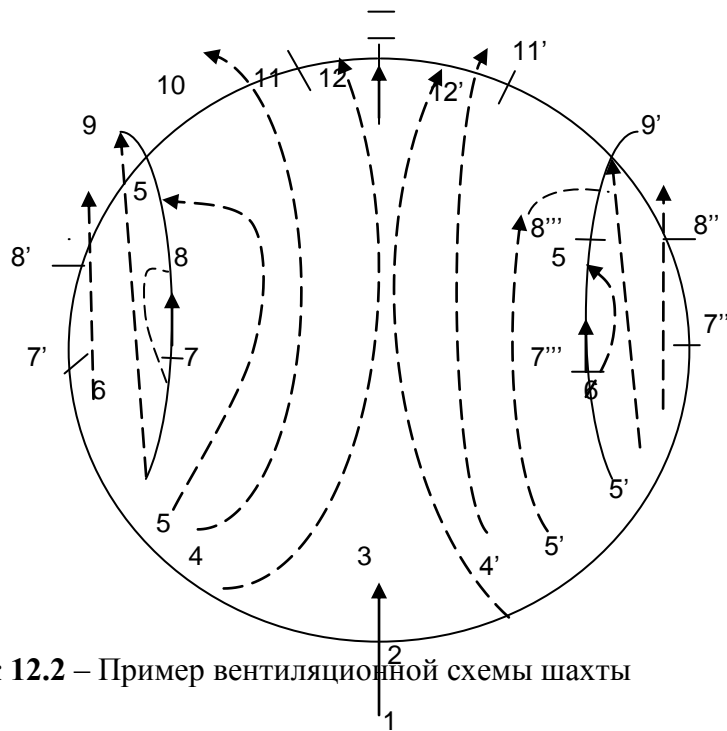


Рисунок 12.2 – Пример вентиляционной схемы шахты

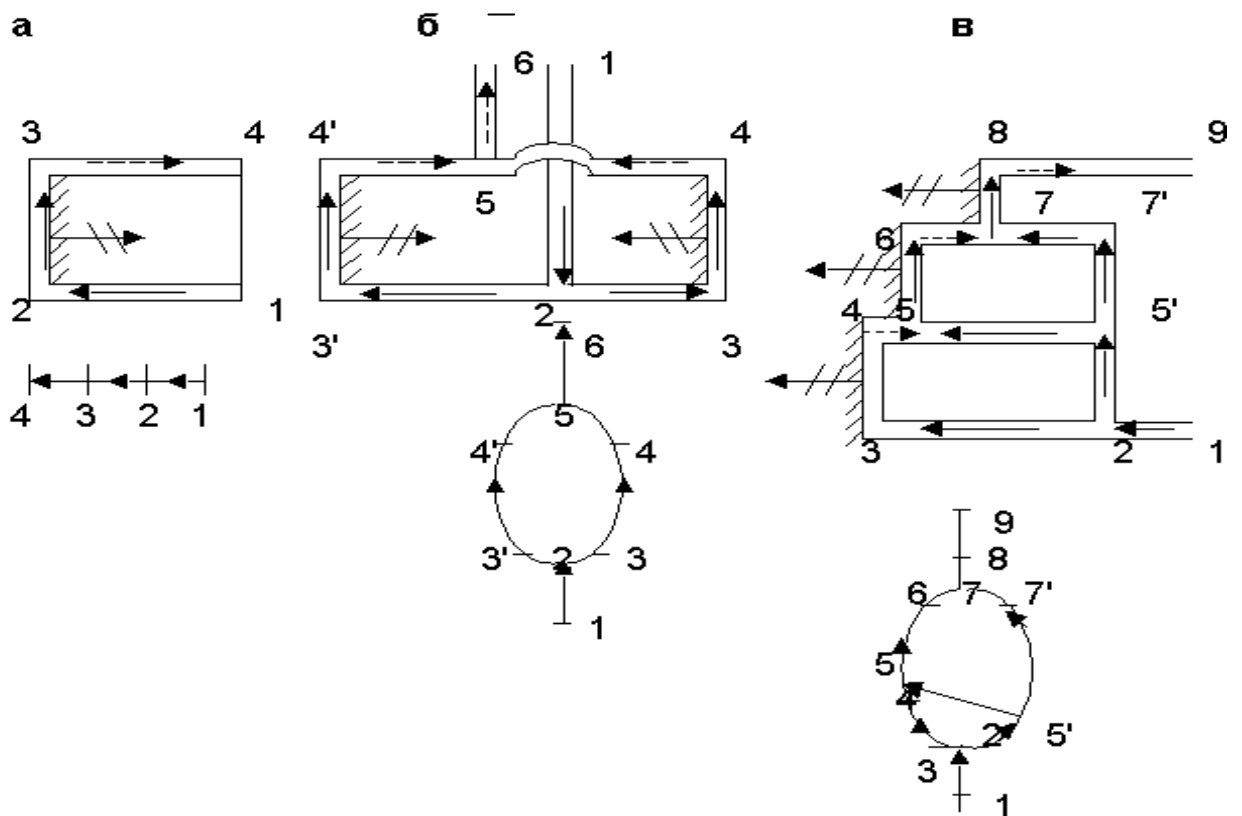


Рисунок 12.3 – Пример вентиляционных планов и схем:
 а – последовательное соединение горных выработок
 б – параллельное соединение;
 в – однодиагональное;
 1-9 – точки начала и конца выработок

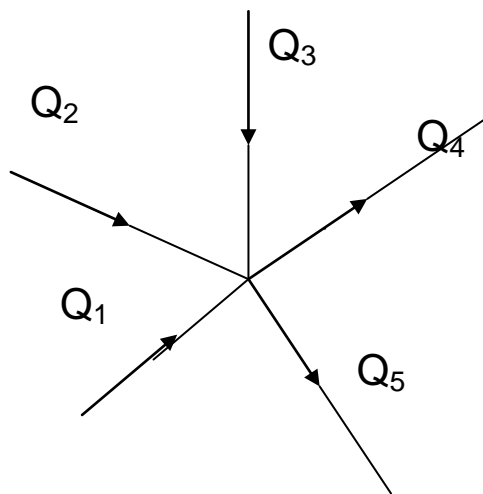


Рисунок 12.4 – Узел вентиляционной сети

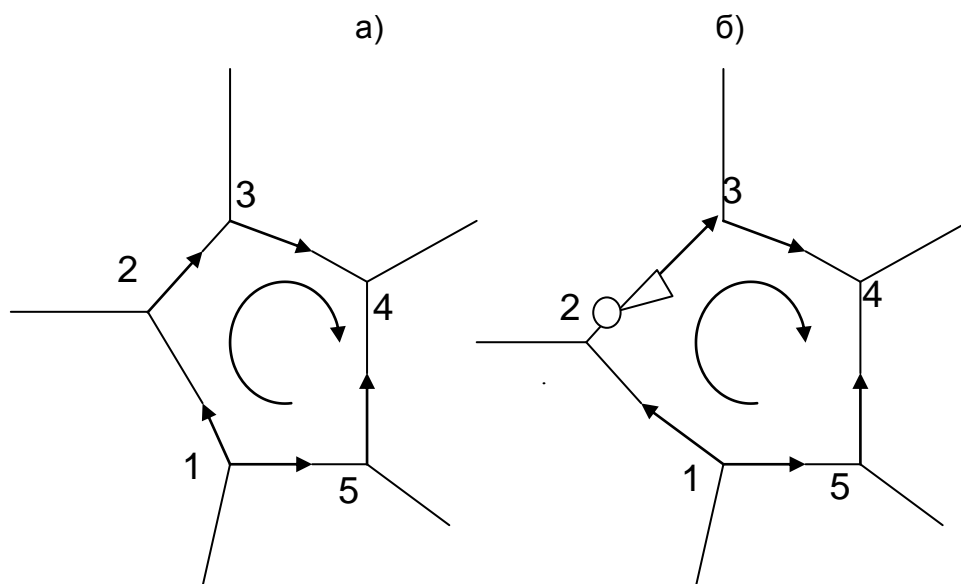


Рисунок 12.5 – Контур вентиляционной сети:
 а) без источника энергии в контуре;
 б) с источником энергии в контуре.

Лекция № 13.

Виды вентиляционных соединений и их расчет

План

- 13.1 Последовательное, параллельное и диагональное вентиляционные соединения.
- 13.2 Расчет сложного параллельного соединения.

Цель изучения темы

Изучение элементарных видов вентиляционных соединений и методов их расчета.

Студенты должны знать:

- 3. Виды простейших вентиляционных соединений, встречающихся в шахтной вентиляционной сети.
- 4. Методику расчета простейших вентиляционных соединений.

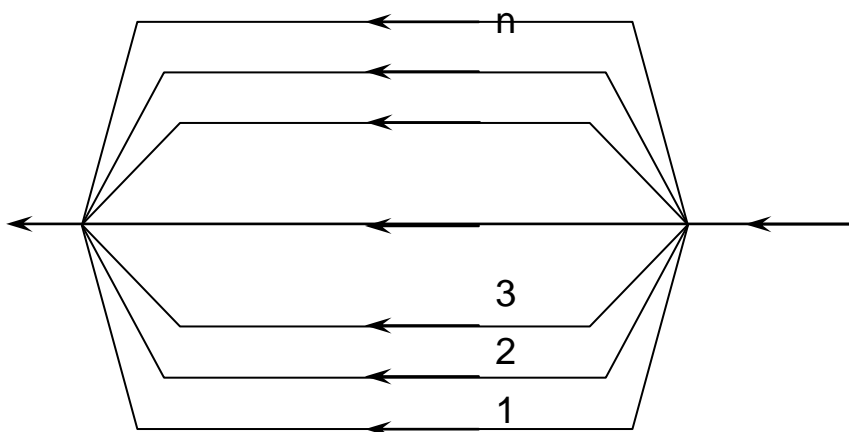


Рисунок 13.1 – Схема параллельного соединения

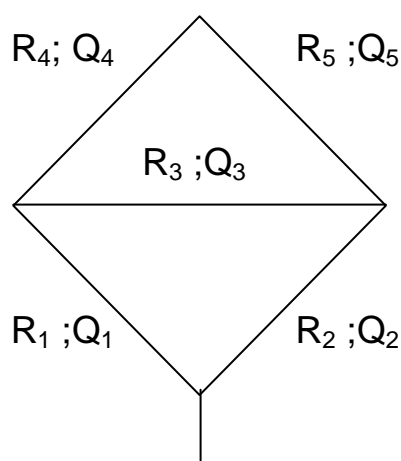


Рисунок 13.2 – Схема простого диагонального соединения

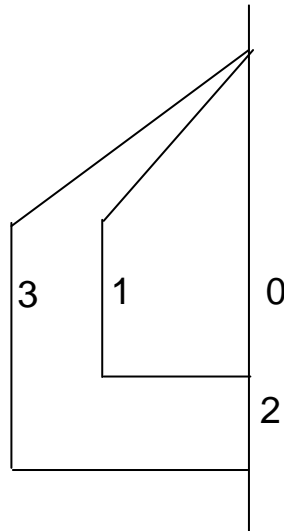


Рисунок 13.3 – Схема параллельно-последовательного соединения

Сложные соединения. Сложными называются такие диагональные соединения, диагонали которых аэродинамически связаны между собой. Диагоналями будем называть внутренние ветви, связывающие между собой внешние (огибающие) ветви соединения. Так, на рис. 13.4. внешними являются ветви 1 – 2 – 3 – 4 и 1 – 5 – 6 – 4, а диагоналями – 2 – 7 – 8 – 6, 2 – 7 – 5, 5 – 7 – 8 – 3, 3 – 8 – 6.

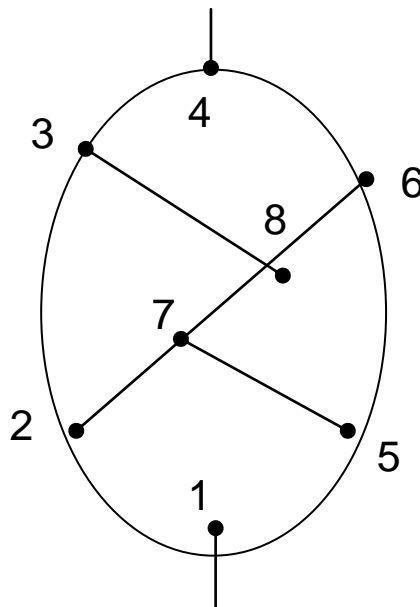


Рисунок 13.4 – Схема сложного соединения

Лекция № 14. Расчет сложных вентиляционных соединений

- 14.1 Преобразования треугольника в звезду.
- 14.2 Графические методы расчета вентиляционных сетей.

Цель изучения темы: Изучение аналитических методов расчета сложных вентиляционных соединений.

Студенты должны знать:

- 1. Методику преобразования треугольника в звезду.
- 2. Принципы графического расчета вентиляционных сетей.

Преобразование треугольника в звезду основано на эквивалентной замене треугольника ABC (рис. 14.1) звездой АОВС, при которой режим проветривания остальной части схемы не нарушается. Этот метод позволяет преобразовывать некоторые виды сложных соединений в простые.

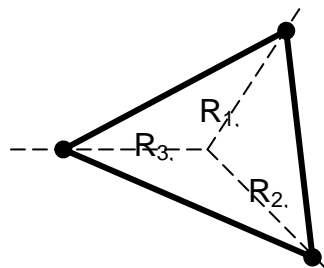


Рисунок 14.1 – Преобразование треугольника в звезду

Чтобы замена треугольника на звезду не вызывала изменения режима вентиляции во внешней, по отношению к треугольнику, сети, надо, чтобы эти сопротивления были равны, т.е.

$$\frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2 + R_3}}\right)^2} = R_{3,1} + R_{1,2}$$

обычным способом определяют расходы в параллельных ветвях 7-3-4 и 7-6-4. Расход в диагонали 3-6 определяется как разность расходов в ветвях 8-3-1 (см. рис. 14.2, г) и 7-3-4 (см. рис. 14.2, в), а в диагонали 2-5 – как разность расходов в ветвях 8-3-1 (см. рис. 14.2, г) и 1-2 (см. рис. 14.2, д).

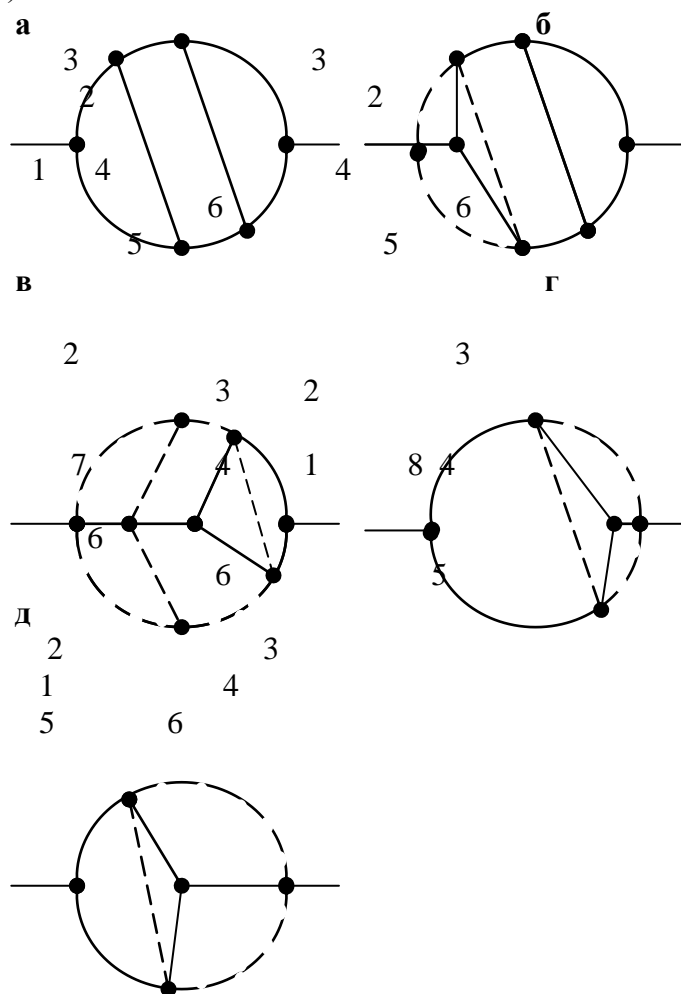


Рисунок 14.2 – Пример расчета двухдиагонального соединения методом преобразования треугольника в звезду: а-д - стадии преобразования.

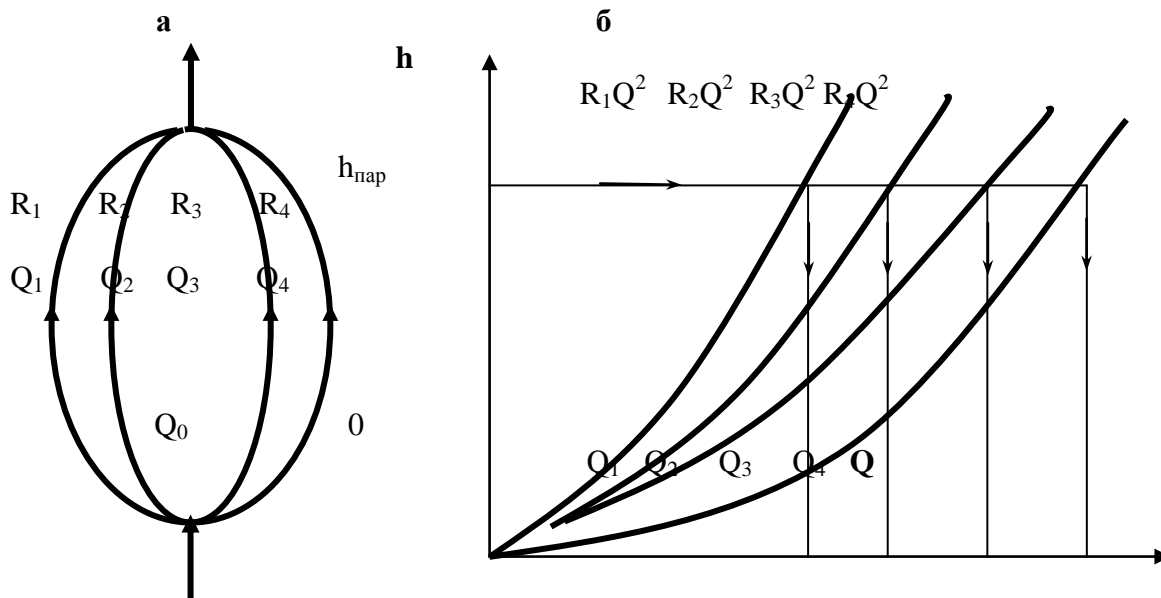


Рисунок 14.3 – Графическое определение воздухораспределения в простом параллельном соединении:
 а – схема соединения;
 б – решение.

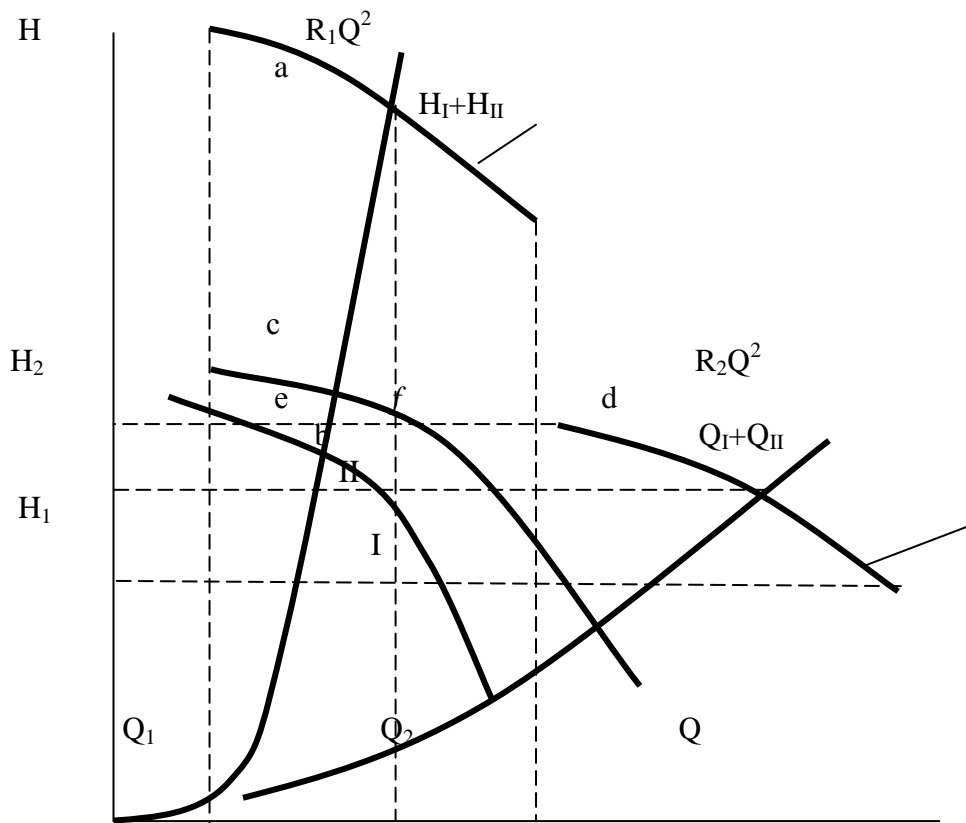


Рисунок 15.3 – Схемы графического определения режимов последовательной и параллельной работы двух вентиляторов, установленных на одном стволе

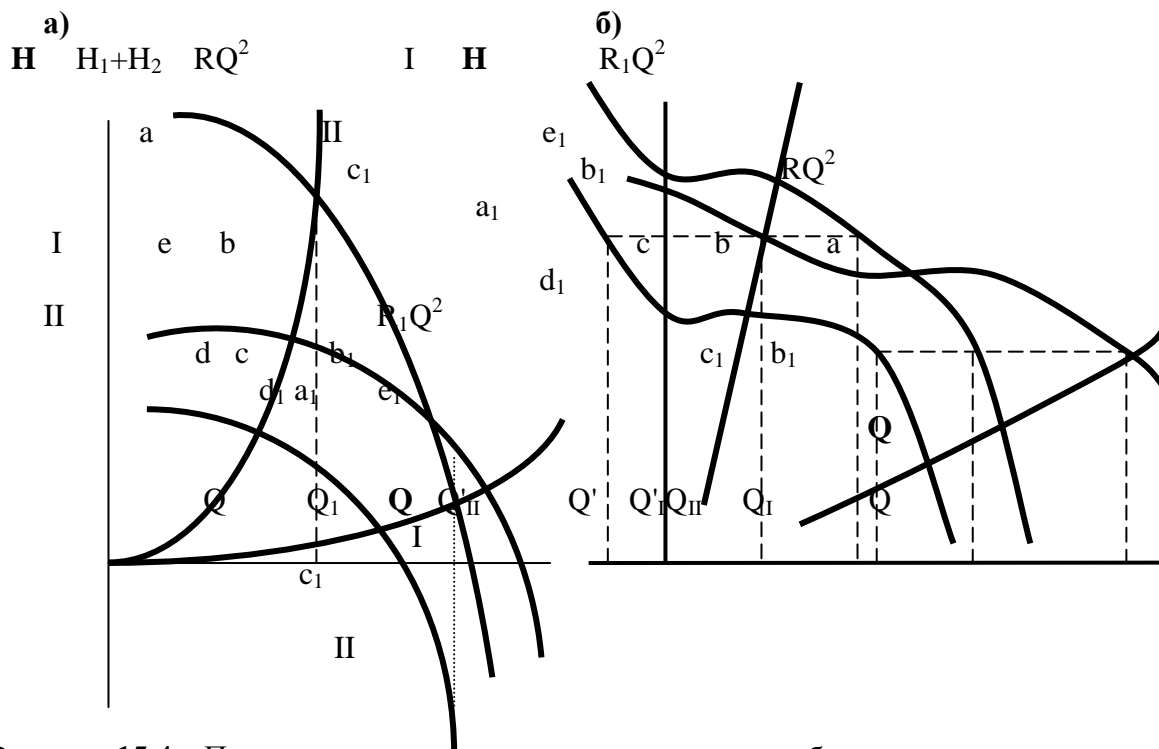


Рисунок 15.4 – Примеры правильного и неправильного подбора вентиляторов для совместной работы
 а – последовательной;
 б – параллельной.

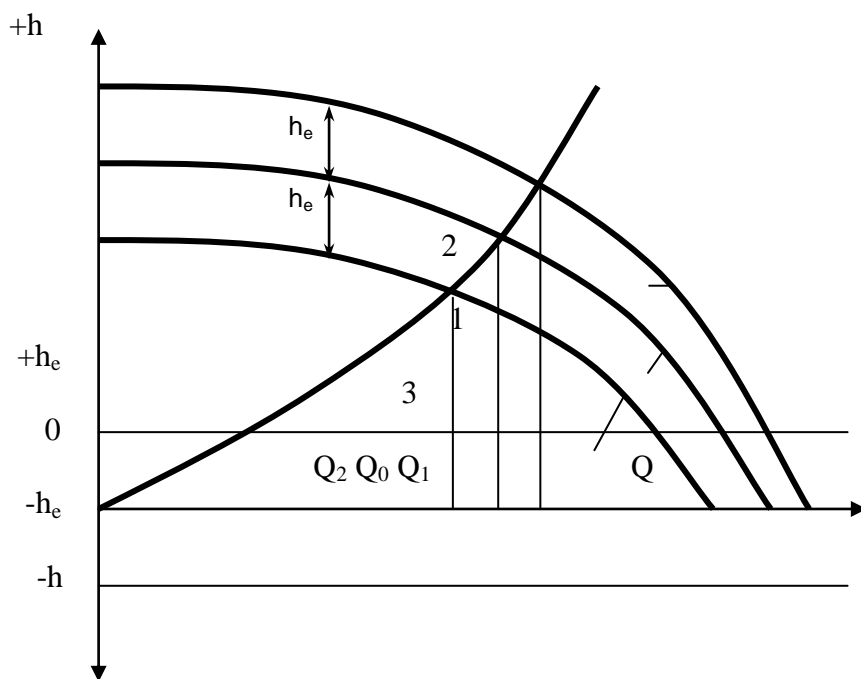


Рисунок 16.5 – Влияние h_e на работу вентиляторов главного проветривания

- 1- характеристика вентилятора;
- 2, 3 – соответственно суммарная характеристика вентилятора при положительной и отрицательной естественной тяге;
- Q_0 – количество поступающего в шахту воздуха при отсутствии естественной тяги;
- Q_1, Q_2 – расход воздуха соответственно при положительной и отрицательной естественной тяге.

Лекция № 17
Регулирование распределения воздуха в шахтной
вентиляционной сети

17.1 Причины, вызывающие необходимость регулирования.

17.2 Отрицательное и положительное регулирование.

17.3 Способы регулирования подачи воздуха в шахту.

Цель изучения темы:

Изучение теоретических основ и практических путей регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в вентиляционной сети.

Студенты должны знать:

1. Причины необходимости регулирования подачи воздуха.
2. Способы регулирования подачи воздуха.

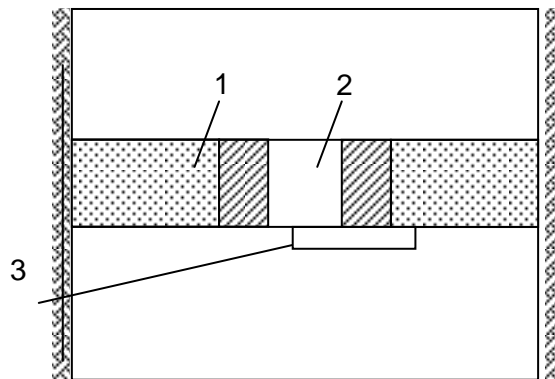


Рисунок 17.1—Схема устройства вентиляционного окна в выработке
1 – глухая перемычка; 2 – окно; 3 – шибер для регулирования.

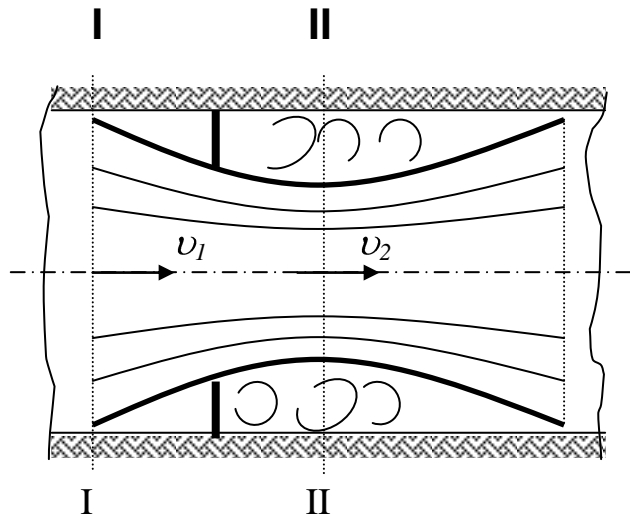


Рисунок 17.2 – Схема движения воздуха через вентиляционное окно

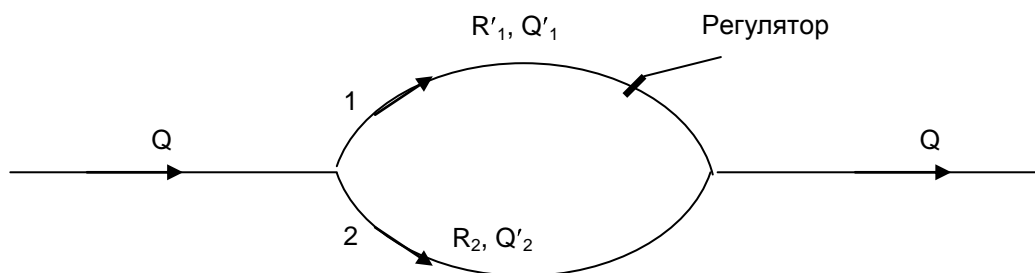


Рисунок 17.3 – Схема к регулированию распределения воздуха в параллельном соединении.

Лекция № 18

Проветривание подземных выработок при их сооружении

18.1 Общие сведения.

18.2 Особенности проветривания при проходке стволов.

18.3 Способы и схемы вентиляции стволов при проходке.

Цель изучения темы:

1. Изучение общих требований предъявляемых к проветриванию подготовительных выработок.
2. Изучение особенностей, возникающих при проветривании стволов

Студенты должны знать:

2. Общие требования, предъявляемые к проветриванию подготовительных выработок.
2. Особенности, учитываемые при организации проветривания стволов.

При проведении выработок вентиляция осуществляется с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП), продольных перегородок и вентиляционных труб в зависимости от горно-геологических условий.

На вентиляцию вертикальных стволов при их проходке влияет ряд горнотехнических особенностей. К ним относятся:

- 1) вертикальное расположение стволов;
- 2) обводненность стволов и капеж;
- 3) контакт стенок стволов с боковыми породами, имеющими высокую температуру (в глубоких стволах).

Вертикальное расположение ствола обуславливает появление объемных сил при его вентиляции. Теплый воздух вдоль стен имеет тенденцию подниматься вверх, а холодный воздух в центральной части ствола – опускаться вниз. теплый воздух вдоль стен имеет тенденцию подниматься вверх, а холодный воздух в центральной части ствола – опускаться вниз.

Обводненность ствола способствует ускорению его вентиляции после взрывных работ, так как образующиеся при этом газы взрывчатых веществ, особенно окислы азота, хорошо поглощаются водой и при этом содержание их в воздухе уменьшается. Кроме того, она способствует уменьшению содержания в воздухе окислов азота в результате ускорения химических реакций

окислов азота с металлами.

Капез в стволе играет в отношении окислов азота ту же роль, что и влага, покрывающая стенки ствола, оборудование и пр. он способствует их растворению и, следовательно, снижению содержания в воздухе.

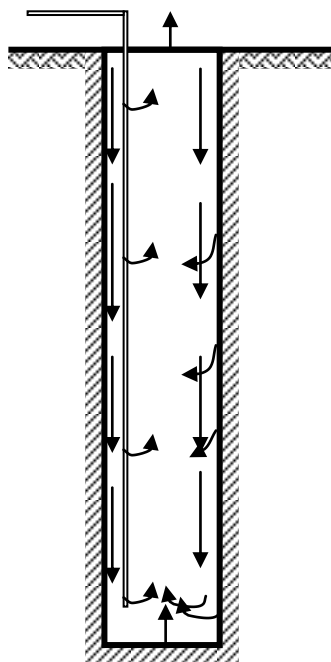


Рисунок 18.1 – Схема движения воздуха в стволе

Для вентиляции стволов в принципе можно применять любой из трех способов вентиляции тупиковых выработок: **нагнетательный, всасывающий или комбинированный.**

Нагнетательный способ вентиляции обладает следующими преимуществами:

- направление отброса газов после взрыва, а также их дальнейшее конвективное движение вверх совпадают с движением воздуха в стволе, создаваемым вентилятором при нагнетательном способе вентиляции, тем самым способствуя более быстрому проветриванию ствола. Кроме того, утечки воздуха через вентиляционный трубопровод при нагнетательном способе вентиляции способствуют разбавлению газов в стволе, а также ускоряя процесс проветривания;
- в случае выделения метана в стволе, вентилятор при нагнетательном способе вентиляции находится на свежей струе, благодаря чему устраняется опасность воспламенения метана, которая возникает при работе вентилятора.

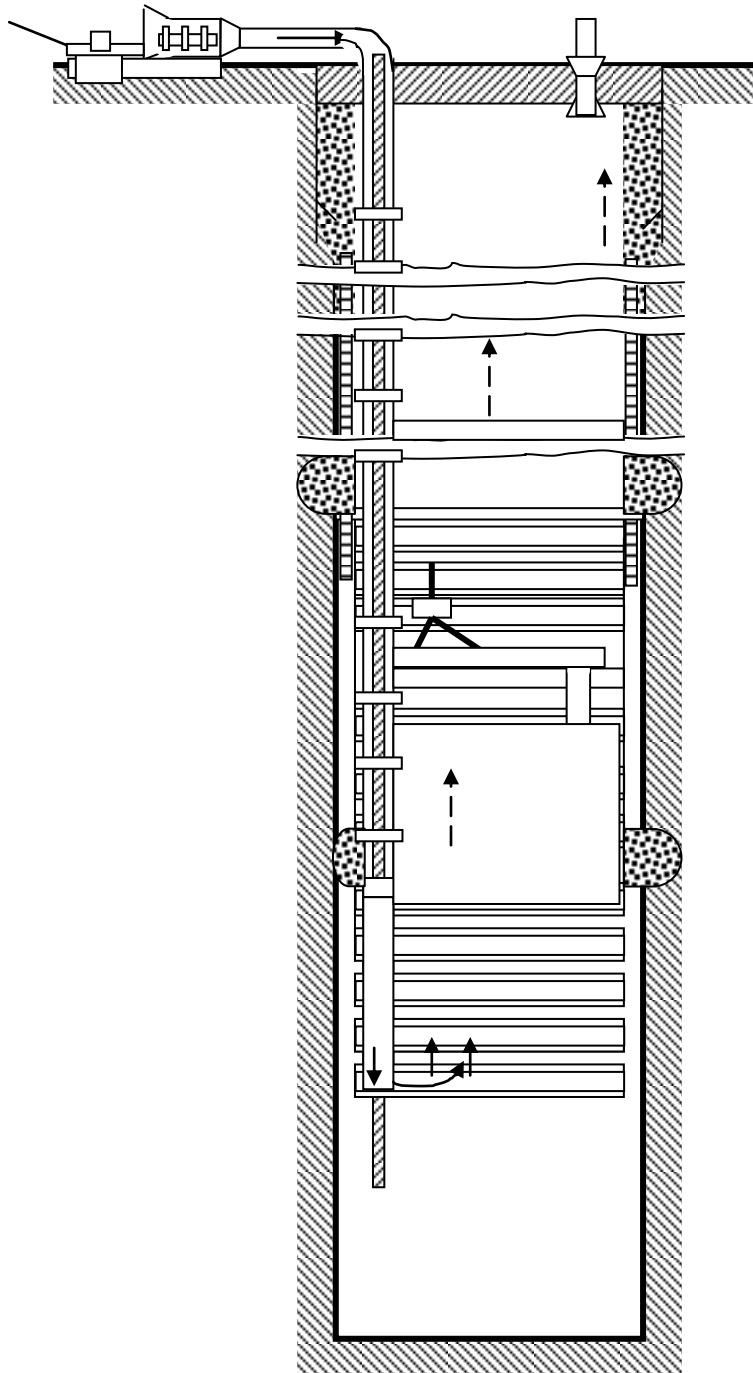


Рисунок 18.2. Схема нагнетательного способа вентиляции и размещения трубопровода при проходке ствола

Для вентиляции стволов обычно требуется от 1,5 до 10 м³/с воздуха. Согласно ПБ отставание вентиляционных труб от забоя ствола не должно быть более 15 м, а во время погрузки грейфером – 20 м.

Лекция № 19 Проветривание горизонтальных и наклонных выработок

План

- 19.1 Способы проветривания тупиковых горных выработок.
- 19.2 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок
- 19.3 Особенности проветривания длинных тупиковых выработок

Цель изучения темы

Изучение способов проветривания горизонтальных и наклонных выработок.

Студенты должны изучить:

Способы проветривания горизонтальных и наклонных выработок, а также принципы выбора оборудования, применяемого для проветривания тупиковых выработок.

Проветривание тупиковых забоев должно обеспечивать:

- удаление из выработки в расчетное время ядовитых газообразных продуктов разложения взрывчатых веществ (ВВ);
- разбавление и удаление из выработок ядовитых и взрывчатых газов, выделяющихся из пород и полезного ископаемого;
- создание нормальной температуры воздуха в забое и во всей выработке.

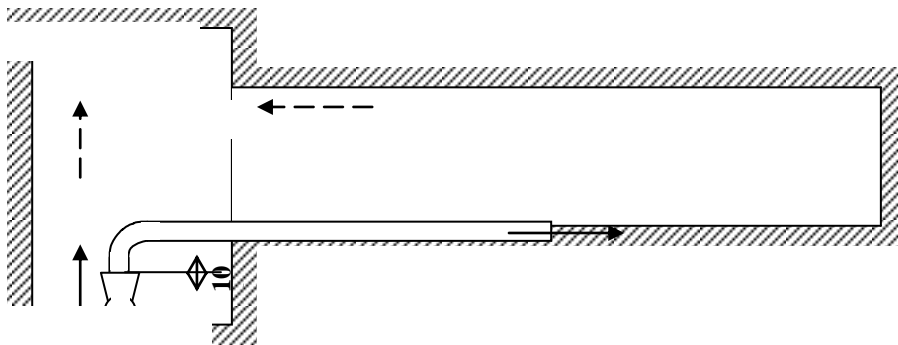


Рисунок 19.1 – Нагнетательное проветривание

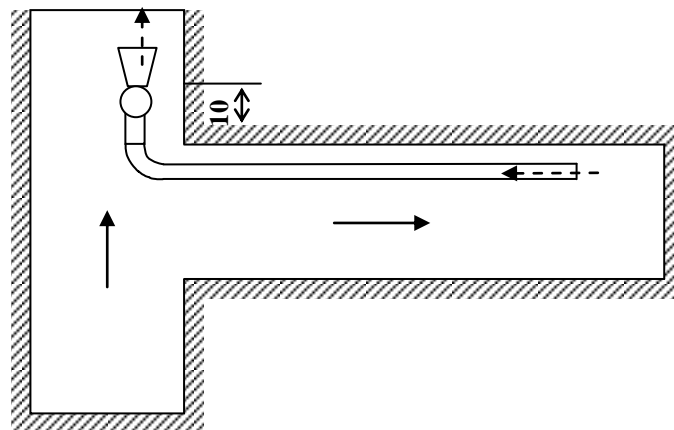


Рисунок 19.2 – Всасывающее проветривание

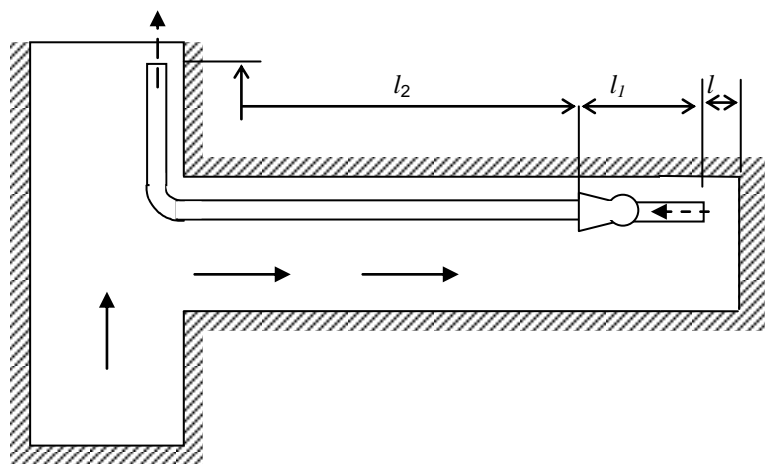


Рисунок 19.3 – Всасывающее проветривание призабойным вентилятором

Комбинированное проветривание может осуществляться одним вентилятором (рис. 19.4), работающим сразу после взрыва ВВ на всасывание, а затем через некоторое время переключаемым на нагнетание. На расстоянии от забоя, не превышающем 50м, устанавливается перемычка.

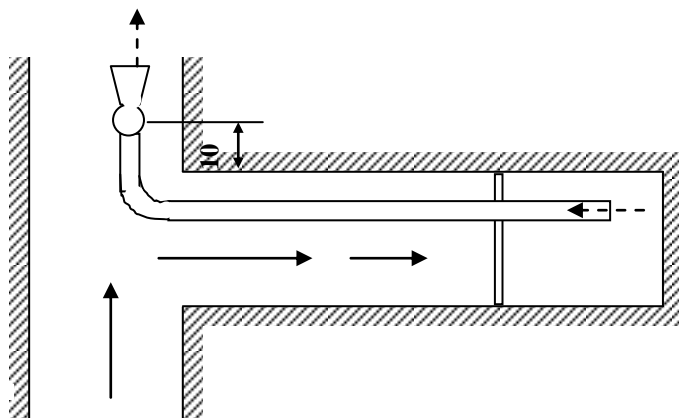


Рисунок 19.4 – Комбинированное проветривание одним вентилятором с установкой перемычки

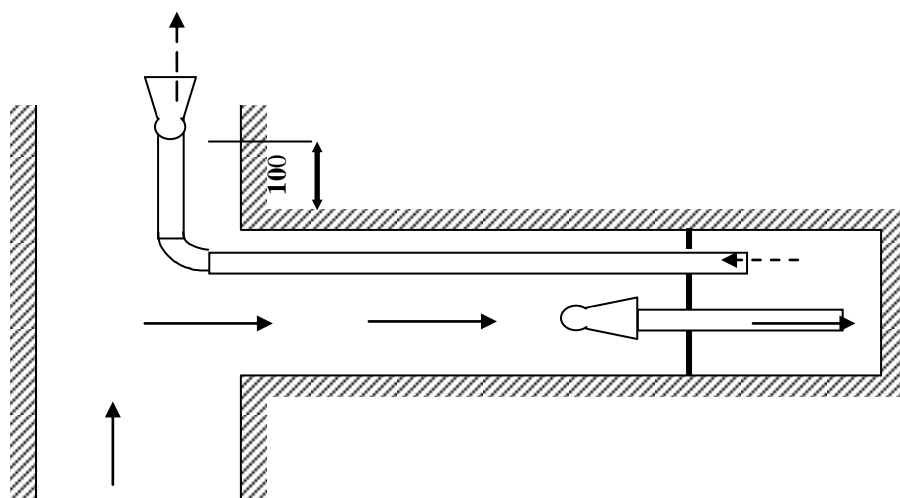


Рисунок 19.5 – Комбинированное проветривание двумя вентиляторами с установкой перемычки

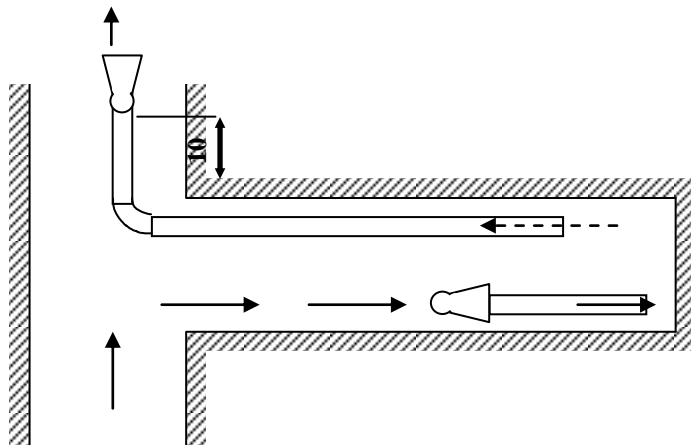


Рисунок 19.6 – Комбинированное проветривание двумя вентиляторами без перемычки

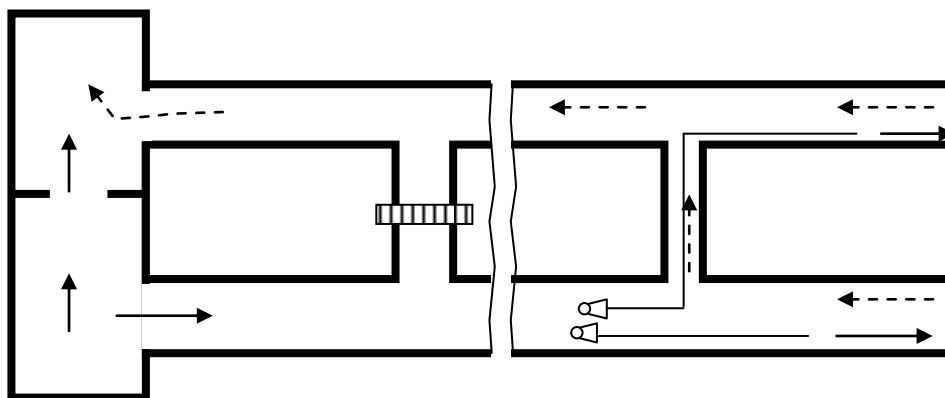


Рисунок 19.7 – Проветривание за счет общешахтной депрессии длинных выработок, проводимых по газоносным пластам

Расход воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок, рассчитывается, согласно «Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт», по количеству выделяемого метана или углекислого газа, по газам, образующимся при взрывных работах, количеству людей, по средней максимальной скорости воздуха в сечении выработки и минимальной скорости воздуха в призабойном пространстве с учетом температуры. Окончательно принимается наибольший результат.

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания горизонтальных и тупиковых выработок, принципиально не отличается от методики расчета проветривания вертикальных стволов (см. лекцию 18).

Для тупиковых выработок протяженностью до 300м расчет выполняется сразу для максимальной длины. Для тупиковых выработок большей протяженности допускается расчет на отдельные периоды для промежуточных значений длины 300, 600, 900м и т.д., включая максимальную длину.

Лекция № 20

Проветривание очистных выработок

План

20.1 Основные схемы проветривания очистных выработок.

20.2 Расчет максимально допустимой нагрузки на забой по газовому фактору.

Цель изучения темы

Изучение основных схем проветривания очистных выработок, их классификация.

Изучение методики расчета количества воздуха, необходимого для проветривания очистных забоев.

Студенты должны знать:

Основные схемы проветривания очистных забоев и освоить методику расчета количества воздуха, необходимого для их проветривания.

Основная задача вентиляции – обеспечить в выработках необходимый расход воздуха для нормальной физиологической деятельности человека, разбавление и вынос вредных газов и пыли, нормальные тепловые условия.

Эффективность проветривания очистных выработок в значительной степени зависит от схемы вентиляции.

Схемой вентиляции участка или шахты называется план горных работ с нанесенным направлением движения свежей и исходящей струй (при необходимости наносятся также пути и направления утечек воздуха).

Схемы вентиляции должны обеспечивать необходимый контроль за вентиляционными параметрами и управление ими при минимальных затратах на проветривание выемочных участков и шахты в целом.

Схема вентиляции	Порядок отработки	
	Прямой	Обратный
U – образная		
Z-образная		
V-образная		
H-образная		

Рисунок 20.1 – Классификация схем вентиляции выемочных участков

Схема проветривания выемочного участка должна обеспечивать:

- устойчивое проветривание как при нормальных, так и аварийных режимах, благоприятные условия для спасения людей и ликвидации аварии;
- возможность ведения работ по эффективной дегазации на выемочных участках;

- на газообильных и глубоких шахтах, на которых естественная температура пород достигает 30⁰С и выше, полное обособленное разбавление вредностей (газ, пыль, тепло), выделяющихся из всех источников;
- максимальную нагрузку на очистной забой по газовому фактору; сокращение объема проведения тупиковых выработок за счет повторного использования откаточных выработок в качестве вентиляционных;
- возможность исключения образования опасных скоплений метана на сопряжениях лавы с вентиляционной выработкой;
- подачу к очистному забою свежего воздуха по двум выработкам при разработке выбросоопасных пластов.

При отработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, выбранная схема проветривания, кроме того, должна обеспечивать:

- минимальную ширину проветриваемой призабойной зоны выработанного пространства с тем, чтобы время ее проветривания было меньше продолжительности инкубационного периода самовозгорания угля;
- надежную изоляцию выработанных пространств по мере подвигания очистного забоя;
- возможность исключения, в случае возникновения пожара, выемочного участка (поля) из общей сети горных выработок.

• **Таблица 20.1** – Классификация схем проветривания выемочных участков

Основное классификационное деление	Классификационный признак	Варианты признака	Условные обозначения
Тип	Степень обособленности разбавления вредностей по источникам поступления	Последовательное Частичное Полное	1 2 3
Подтип	Направление выдачи исходящей из лавы струи воздуха	На выработанное пространство На массив угля Комбинированное	В М К
Класс	Зависимое или независимое проветривание очистных выработок	Независимое Зависимое	Н З
Подкласс	Направление движения воздуха по очистному забою	Восходящее Нисходящее Горизонтальное	в н г
Вид	Взаимное направление свежей и исходящей струй	Возвратноточное Прямоточное	вт пт

- Для удобства пользования каждая схема обозначается сокращенно, например, 3-В-Н-н-пт, где 3-тип полное обособленное разбавление вредностей по источникам выделения; В – подтип, направление выдачи исходящей струи из лавы на выработанное пространство; Н – класс, независимое проветривание (одиночная лава); н - подкласс, нисходящее движение воздуха по лаве; пт – вид, прямоточное направление свежей и исходящей струй воздуха.

Лекция № 21

Проектирование вентиляции шахт

План

- 21.1 Общие положения.
- 21.2 Порядок проектирования проветривания шахт.
- 21.3 Способы проветривания шахт.
- 21.4 Выбор способов и схем проветривания шахт.
- 21.5 Расчет расхода воздуха для проветривания шахты.
- 21.6 Порядок выбора вентилятора главного проветривания.

Цель изучения темы:

Ознакомить студентов с порядком проектирования вентиляции шахт.

Студенты должны изучать:

Порядок проектирования проветривания шахты и решаемые при этом задачи.

Проект вентиляции на период строительства новой, реконструкции или подготовки горизонтов действующей шахт разрабатывается проектными институтами, проектными конторами, группами шахтостроительных комбинатов (трестов) и производственных объединений.

Проектирование вентиляции новых шахт и на период строительства включает следующие этапы:

- составляется прогноз метанообильности (углекислотообильности) тупиковых выработок;
- выбираются варианты схем проветривания стволов при их проходке, армировке, а также при проведении горизонтальных и наклонных выработок с учетом календарного плана работ;
- выбираются схемы и средства для проветривания башенных копров;
- производится расчет расхода воздуха для каждой тупиковой выработки, выбор трубопроводов и средств проветривания по периодам развития горных работ, которые определяются соединением новых выработок в замкнутую сеть, позволяющую увеличить число подготовительных выработок, проветриваемых за счет общешахтной депрессии;
- в каждый период развития горных работ определяются расход воздуха для проветривания горных выработок в соответствии с “Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт” и осуществляется тепловой расчет в соответствии с “Единой методикой прогнозирования температурных условий в угольных шахтах”, если естественная температура горных пород для проектируемой глубины разработки достигла 30⁰С и более;
- производится расчет воздухонагревательной установки и выбор места для нее;
- определяются режимы работы вентиляционной установки на период проходки стволов и проведения тупиковых выработок. Выбор вентиляционной установки может осуществляться по периодам развития горных работ.

При проектировании вентиляции реконструируемых шахт необходимо, кроме указанных требований, выполнение дополнительных работ.

1. Для составления газового баланса по шахте следует проводить специальные газовые съемки на выемочных участках и по шахте в целом по методике, изложенной в “Руководстве по производству депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах”.
2. Для определения фактических аэродинамических сопротивлений ветвей, мест утечек и их величины используются также данные депрессионной съемки выработок шахты, а при необходимости проводятся дополнительно депрессионные съемки. Аэродинамическое сопротивление существующих выработок, используемых при реконструкции, принимается равным фактическому, если выработки находятся в удовлетворительном состоянии.
3. При применении схем проветривания для повышения устойчивости вентиляции следует избегать диагоналей или стремиться к уменьшению их числа, правильно размещать отрицательные регуляторы, сокращать число вентиляционных установок главного проветривания (до одной на

крыло, блок).

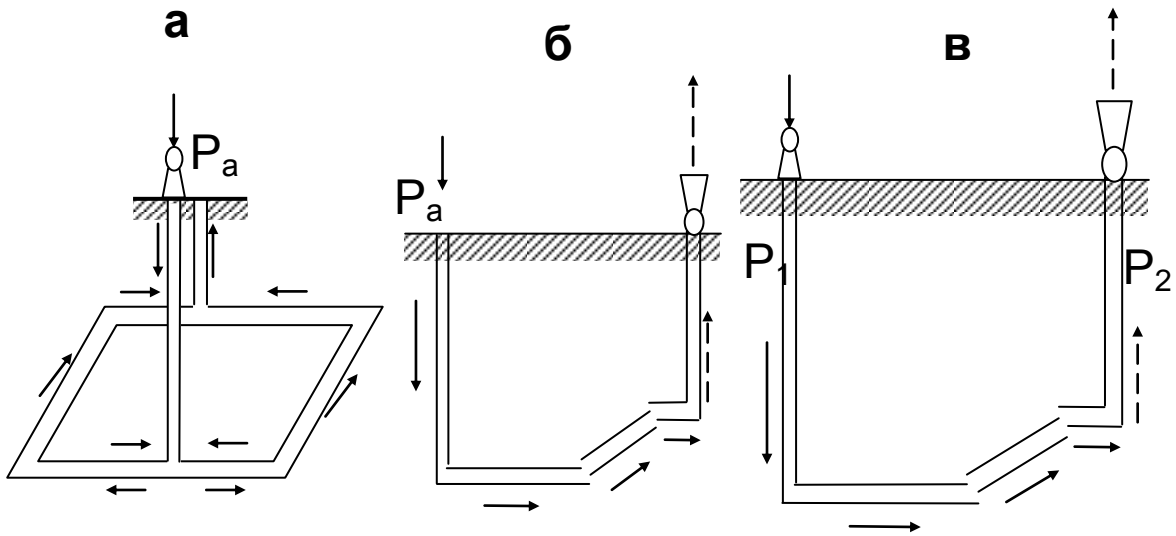


Рисунок 21.1 – Способы вентиляции шахт

а - нагнетательный;

б – всасывающий;

в – нагнетательно-всасывающий

Лекция № 22

Основы промышленной вентиляции

План

22.1. Общие положения.

22.2 Основные вредности промышленных предприятий и способы определения воздухообмена.

22.3. Искусственная вентиляция.

Цель изучения темы:

Изучение основ вентиляции промышленных зданий и сооружений.

Студенты должны изучать:

Вредности, образующиеся на промышленных предприятиях. Способы вентиляции промышленных зданий и методику расчета их проветривания.

Воздух промышленных помещений – это смесь газов и паров, заполняющих помещение, почти всегда содержащая некоторое количество пыли.

К вредностям относятся: ядовитые и вредные газы, избыточная влага, пыль и сажа, тепловое и радиоактивное облучение. Эти вредности чаще всего встречаются в различных комбинациях. Расчет необходимого воздухообмена ведется по преобладающей над остальными вредностью.

Состояние здоровья и производительность труда людей зависят не только от наличия в воздухе различных вредностей, но и от метеорологических условий. В комплекс метеорологических условий входят: температура, влажность и скорость движения воздуха.

Расход воздуха, исходя из числа работающих, определяется по формуле:

$$Q_n = n \cdot q \cdot z \text{ м}^3/\text{ч},$$

где n – максимальное число находящихся в помещении рабочих в смену;

q – норма воздуха на одного рабочего, $\text{м}^3/\text{ч}$;

z – коэффициент запаса, равный $1,15 \div 1,2$.

Согласно санитарным нормам, величину q $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждого работающего в помещениях с объемом на одного работающего менее 20 м^3 и не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ в помещениях с объемом на одного работающего от 20 до 40 м^3 . В помещениях с объемом на одного работающего больше 40 м^3 предусматривается проветривание путем открывания форточек и окон.

В закрытые производственные помещения, не имеющие окон и вентиляционных фонарей, должно подаваться воздуха на одного работающего не менее $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Количество воздуха, необходимого для разжижения вредных примесей до допустимых концентраций, определяется по формуле:

$$Q_{\text{вп}} = \frac{G}{c_2 - c_1}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где G - количество вредностей, поступающих в воздух помещения от всех источников, $\text{г}/\text{м}^3$;

$$G = (n_2 - n_1) \cdot V, \text{ г}/\text{ч};$$

c_1 - содержание вредностей в чистом воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

c_2 - предельно допустимое содержание вредности в воздухе рабочего помещения, $\text{г}/\text{м}^3$;

n_1 - концентрация вредностей в приточном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

n_2 - концентрация вредных веществ в отработанном воздухе, г/м³;
 V - часовой объем подаваемого в помещение воздуха.

Количество воздуха, необходимого для удаления избытка тепла, определяется по формуле:

$$Q = \frac{B}{c \cdot \gamma \cdot (t_2 - t_1)}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где B - избыток тепла, ккал/ч;
 t_2 - температура удаляемого воздуха, °С;
 t_1 - температура приточного воздуха, °С;
 γ - удельный вес приточного воздуха кг/м³;
 c - 0,24 - теплоемкость воздуха, ккал/кг·град.

Количество воздуха, отсасываемого из-под укрытий, определяется по формулам:

а) при наличии зонта

$$Q_3 = 3600 \cdot v_3 \cdot F \cdot Q_{вр}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где F - площадь нижнего сечения зонта, м²;
 v_3 - скорость движения воздуха в нижнем сечении зонта, м/сек.

Принимается: при открытом со всех сторон зонте $v_3 = 1,05 \div 1,25$ м/сек; с трех сторон $v_3 = 0,9 \div 1,05$ м/сек; с двух сторон $v_3 = 0,75 \div 0,9$ м/сек;

б) при наличии кожуха

$$Q_k = 3600 \cdot v \cdot \sum_1^n S \cdot Z + Q_{вр}, \quad (22.6)$$

где v - скорость воздуха в сечении всасывающих отверстий укрытия, м/сек;

$\sum_1^n S$ - суммарная площадь всех отверстий в укрытии, м²;

Z - коэффициент запаса, учитывающий неплотности укрытия;

$Z = 1,1 \div 1,5$;

$Q_{вр}$ - объем выделяющихся вредных веществ, м³/ч.

При проектировании вентиляции производственных помещений, когда определить количество вредных веществ затруднительно, пользуются коэффициентом кратности воздухообмена

$$K = \frac{V_{вент}}{V_{пом}}$$

где $V_{пом}$ - объем помещения, подлежащего проветриванию, м³;

$V_{вент}$ - объем воздуха, необходимого для воздухообмена, м³/ч.

Приняв по нормам соответствующую кратность воздухообмена в час, определяют количество воздуха, необходимого для проветривания рабочего помещения:

$$Q = K \cdot V_{пом}, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Искусственная вентиляция осуществляется за счет механического побуждения движения воздуха, в качестве источников которого могут применяться вентиляторы, эжекторы или энергия

сжатого воздуха.

При **вытяжной** вентиляции отработанный воздух удаляется из помещения вентилятором, а свежий воздух поступает в помещение через вентиляционные проемы за счет разрежения, создаваемого им.

Приточная вентиляция отличается от вытяжной тем, что чистый воздух в помещение нагнетается, вследствие чего в нем создается повышенное давление, под влиянием которого отработанный воздух через разного рода неплотности и вентиляционные проемы выходит наружу.

Приточно-вытяжная вентиляция устраивается для организованного (регулируемого) притока и удаления воздуха из помещений. В данном случае имеет место равенство количества поступающего и удаляемого воздуха.

Общеобменная вентиляция применяется в тех случаях, когда требуется разжижение вредностей во всем объеме до допустимых пределов. В этих случаях происходит постоянный воздухообмен во всем помещении.

Местная вытяжная вентиляция предназначается для улавливания вредностей в отдельных источниках образования во избежание их распространения по всему помещению.

**МИНСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



ГЛОССАРИЙ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

1. **Кислород (O_2)** — газ без цвета вкуса и запаха с удельным весом 1,11 при $t=0^{\circ}C$ и 760 мм. рт. ст. согласно ПБ, минимальное содержание кислорода в рудничном воздухе должно быть не менее 20%. при 12% атмосфера становится смертельно опасной.
2. **Углекислый газ (CO_2)** — бесцветный газ со слабокислым вкусом. Удельный вес 1,52. Химически весьма инертен, не горит и не поддерживает горения. Физиологически углекислый газ слабо ядовит. при 20÷25% — смертельное отравление. газ образуется также при взрывных работах, рудничных пожарах, взрывах метана и угольной пыли, дыхании людей. Максимально допустимые концентрации CO_2 на рабочих местах и исходящих струях участков — 0,5%
3. **Оксид углерода (CO)** — без цвета, вкуса и запаха; удельный вес 0,97. Горит и взрывается при содержании ее в воздухе 12,5÷75%, наибольшая сила взрыва достигает при 30%. Температура воспламенения газовой смеси в этом случае 630÷810 $^{\circ}C$, цвет пламени голубовато-синий. Газ весьма ядовит. При содержании CO около 1% потеря сознания наступает после нескольких вдохов.
4. **Оксиды азота** — образуются при взрывных работах и состоят из смеси окиси азота NO, двуокиси азота NO_2 , двуокиси азота N_2O_4 , пятиокиси азота N_2O_5 . Эти окислы имеют бурый цвет и характерный резкий запах. Окислы азота весьма ядовиты, вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а в тяжелых случаях — отеки легких. Токсичное действие окислов азота проявляется через 4÷6 часов (иногда — через 20÷30 ч). Симптомы отравления: кашель, головная боль, рвота, синюшность, повышение температуры тела, расстройство сердечной деятельности. Смертельная концентрация окислов азота при кратковременном вдыхании — 0,025%. Содержание окислов азота в воздухе действующих выработок угольных шахт не должно превышать 0,0002% в пересчете на NO_2
5. **Сернистый газ (SO_2)** — бесцветен, имеет сильный раздражающий запах и кислый вкус. Весьма ядовит: он раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, в тяжелых случаях вызывает воспаление бронхов, отек гортани и легких. Концентрация 0,05% опасна для жизни даже при кратковременном вдыхании. Запах SO_2 ощущим с 0,0005%. Сернистый газ образуется при взрывных работах, если они ведутся в сернистых породах или если ВВ содержат серу, при рудничных пожарах и выделяется из горных пород. Содержание SO_2 в воздухе действующих выработок шахт не должно превышать 0,00035%.
6. **Сероводород (H_2S)** — газ без цвета, со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц (ощутим при содержании его в воздухе до 0,0001%). Сероводород горит и, при концентрации в воздухе 6%, взрывается. Сероводород очень ядовит, действует раздражающе на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Симптомы отравления: раздражение и жжение в глазах и дыхательных путях, усталость, тошнота, рвота, обморок. Смертельно опасен даже при кратковременном воздействии концентрации H_2S 0,1%. Содержание H_2S в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,00066%. Сероводород выделяется из горных пород и минеральных источников, кроме того, он образуется при гниении органических веществ, разложении шахтными водами содержащих серу пород, при рудничных пожарах, взрывных работах
7. **Аммиак (NH_3)** — газ без цвета, с резким характерным запахом; хорошо растворим в воде. При содержании в воздухе 30% аммиака он взрывается. Ядовит, раздражает слизистые оболочки и кожу, а при высоких концентрациях вызывает отек гортани. Допустимое содержание NH_3 в воздухе — 0,0025%.
8. **Акролеин** — бесцветная легко испаряющаяся жидкость. Образуется в результате разложения дизельного топлива под воздействием высокой температуры. Очень ядовит, раздражает слизистые оболочки, вызывает головокружение, тошноту, боли в желудке, рвоту. Максимально допустимая концентрация его в воздухе 0,00008%.
9. **Водород (H_2)** — бесцветный газ с удельным весом 0,07. Водород горит и взрывается при содержании его в воздухе от 4 до 74%. Температура воспламенения на 100-200 $^{\circ}C$ ниже температуры воспламенения метана. Водород выделяется из пород и угля при средней степени его

метаморфизма, а также образуется в шахтах при зарядке аккумулятивных батарей. Максимально допустимая концентрация H_2 в воздухе — 0,5%.

10. **Тяжелые углеводороды.** В рудничном воздухе встречается этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} . Выделяются при разработке малометаморфизированных углей и могут образовываться при взрывных работах. Все три газа взрывчаты, а так же придают воздуху слабые наркотические свойства.
11. **Радиоактивные примеси.** Наиболее часто встречаются радон, торон и актинон.
12. **Метан (CH_4)** – газ без цвета, вкуса и запаха. При обычных условиях метан весьма инертен и соединяется только с галоидами. В небольших количествах метан физиологически безвреден. Повышение содержания CH_4 в воздухе опасно лишь вследствие уменьшения содержания кислорода, вытесняемого метаном. Метан горит бледным голубоватым пламенем. Примесь к метану этана и пропана придает воздуху слабое наркотическое свойство. Температура воспламенения метана $650 \div 750^{\circ}C$. Она зависит от содержания метана в воздухе, состава атмосферы, давления, источника воспламенения. С воздухом метан образует горючие и взрывчатые смеси. При содержании в воздухе до $5 \div 6\%$ он горит около источника тепла, от $5 \div 6$ до $14 \div 16\%$ – взрывается, свыше $14 \div 16$ – не горит и не взрывается, но может гореть у источника тепла при притоке кислорода извне.
13. **Метаноносностью** называется количество метана, содержащегося в природных условиях в единице веса или в единице объема угля или породы. Имеет размерность m^3/t или m^3/m^3 .
14. **Метаноемкостью** называется количество газа в свободном и сорбированном состоянии, которое может поглотить единица веса или единица объема угля или породы при данном давлении и температуре.
15. **Газовыделение** – это процесс поступления газа в атмосферу шахты в результате ведения горных работ.
16. **Обыкновенное газовыделения** – происходящее из невидимых трещин и пор в угле и породах;
17. **суфлярное газовыделения** – местное концентрированное выделения газа из природных или эксплуатационных трещин с дебитом $1m^3/мин$ и более на участке выработки протяженностью до 20м;
18. **внезапное газовыделения** – местное выделение больших объемов газа, сопровождающееся разрушением призабойной части угольного пласта.
19. **Обыкновенное выделение метана** происходит с обнаженной поверхности угольного массива через мелкие, невидимые трещины. Величина этого газовыделения тем больше, чем выше газоносность и газопроницаемость угля, а также газовое давление.
20. **Суфлярное метановыделение** происходит из крупных, видимых на глаз трещин и пустот в угле и породах или из эксплуатационных трещин.
21. **При внезапном выбросе** из угольного пласта в выработку за короткий промежуток времени может выделиться большое количество газа вместе со значительным количеством угольной мелочи.
22. **Абсолютной метанообильностью** называется количество метана, выделяющегося в шахте (выработке) в единицу времени (обычно измеряется в $m^3/мин$).
23. **Относительной метанообильностью шахты (выработки)** называется общее количество выделившегося в шахте (выработке) метана, отнесенное к 1т добываемого угля.
24. **Заблаговременные региональные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа:**
 - разработка защитных пластов (подработка опасных пластов, надработка опасных пластов, применение локальной защиты);
 - взрывание зарядов большой мощности в специальных скважинах и в горных выработках;
 - гидравлическое расчленение угольных пластов через скважины с поверхности (с последующей дегазацией и физико-химической обработкой).
25. **Оперезающие региональные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа:**
 - дегазация пластов через длинные скважины (восходящими скважинами, нисходящими скважинами, пересекающими скважинами);

- низконапорное увлажнение угольных пластов через длинные скважины;
- физико-химическая обработка угольного массива (пластифицирующими растворами, раствором соляной кислоты, упрочняющими составами).

26. Локальные способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа:

- локальные способы, выполняемые за зоной максимальных напряжений;
- низконапорное увлажнение пласта через скважины, пробуренные из забоя;
- нагнетание воды в пласт в режиме рыхления;
- применение разгрузочно-дегазационных скважин;
- образование опережающих полостей;
- торпедирование угольного массива;
- локальные способы, выполняемые до зоны максимальных напряжений;
- образование разгрузочных пазов в угольном пласте;
- образование разгрузочных щелей в породах кровли или почвы;
- гидроотжим угольного пласта.

27. Гидрообработка пласта - локальная обработки выбросоопасного пласта в режиме рыхления имеет целью нарушение структуры пласта под действием воды, нагнетаемой под высоким давлением

28. Скважинная дегазация пласта – способ создание разгруженная зона в призабойной части и дегазации с целью предотвращения выбросе опасности.

29. Торпедирование - способ рыхления угольного массива впереди забоев очистных и подготовительных выработок взрывными работами. Целью торпедирования являются нарушение природной структуры пласта энергией взрыва, изменение напряженно-деформированного состояния и, как следствие этого, изменение газовой обстановки.

30. Локальная разгрузка- осуществляться путем образования разгружающих щелей во вмещающих породах или в угольном пласте в целях предотвращения формирования выбросоопасной ситуации непосредственно перед выполнением технологического цикла

31. Разгрузочные пазы- предназначены для разгрузки призабойной части угольного массива в наиболее напряженных и опасных пунктах очистных и подготовительных забоев.

32. Дегазация шахт – совокупность мероприятий, направленных на извлечение и улавливание метана, выделяющегося из различных источников с изолированным отводом его на поверхность (каптаж), а также предусматривающих физическое или химическое связывание метана до поступления его в горные выработки.

33. Аэрозоль - Взвешенную в воздухе рудничную пыль называют аэрозолем. Аэрозоль состоит из мелких горючих и энергично окисляющихся с выделением тепла частиц. При определенных концентрациях и температурах он может воспламениться и взрываться, вследствие большой поверхности соприкосновения тонко дисперсированной пыли с кислородом и активного его поглощения. Кроме того, пыль, содержащая углеводороды, в случае нагревания выделяет горючие газы. Облако пыли, нагретое в одной точке до определенной температуры, быстро воспламеняется во всем объеме ее нахождения. Это горение может превратиться во взрыв.

34. Химический состав пыли. Главными компонентами в составе летучих веществ, обуславливающими взрывчатость пыли, являются смолистые соединения и тяжелые углеводороды. Основными горючими составляющими летучих веществ являются метан, водород, окись углерода, углекислый газ, этан, тяжелые углеводороды и др.

35. Дисперсность пыли - размер частиц разнородностей в составе пыли. Дисперсный состав пыли является существенным фактором, определяющим ее взрывчатость.

36. Рудничная аэродинамика – наука о законах движения воздуха, а также его газообразных и твердых примесей в шахтных вентиляционных потоках.

37. Удельный вес – вес единицы объема, Н/м³ (кгс/м³).

$$\gamma = \frac{G}{V},$$

где G – вес данной массы воздуха, Н;
 V – ее объем, м³.

Величина, обратная удельному весу и равная объему, занимаемому единицей веса воздуха, называется **удельным объемом** и обозначается:

$$\nu = \frac{1}{\gamma}, \text{ м}^3/\text{Н}$$

38. **Плотность** – масса единицы объема. Поскольку масса равна весу, деленному на ускорение свободного падения g , то плотность через удельный вес выражается формулой, Н·с²/м⁴ (кг/м³):

$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

39. **Вязкость** – свойство воздуха оказывать сопротивление касательным усилиям.

40. **Динамическая вязкость** (μ , коэффициент внутреннего трения) – сила трения между двумя слоями воздуха, отнесенная к единице площади, при градиенте скорости, равном единице; размерность кгс·с/м², кг/(с·м) или Н·с/м².

Сила этого трения по закону Ньютона

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{dU}{dn}, \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2 \quad (10.4)$$

где μ – коэффициент пропорциональности, или вязкость;

S – площадь трущихся слоев воздуха, м²;

$\frac{dU}{dn}$ – градиент скорости, т.е. изменение скорости в направлении нормали к ней, м/(с·м)=с⁻¹.

Отношение вязкости к плотности газа называется **кинематической вязкостью**, м²/с:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

41. **Удельная теплоемкость** (c) – количество теплоты, нагревающей 1 кг воздуха на 1 градус. Может выражаться в ккал/(кг·градус) или Дж/(кг·градус).

42. **Аэростатика** – наука о равновесии газов (воздуха). Она исследует условия, при которых воздух может находиться в неподвижном состоянии – состоянии равновесия. Одной из основных задач аэростатики является определение изменения давления с высотой (глубиной) в покоем воздухе, а также условий равновесия находящегося в воздушной среде тела.

Давление, с которым имеют дело в аэростатике, называется аэростатическим; оно вызывается весом вышележащих слоев воздуха

43. **Депрессия** – разность давлений (энергий) в двух точках потока. Различают депрессию статическую (разность статических давлений), динамическую (разность динамических давлений) и полную (разность полных давлений).

44. **Ламинарный режим** – характеризуется упорядоченным движением частиц воздуха по параллельным траекториям.

45. **турбулентный режим** – движение частиц воздуха хаотично, перемешивание обусловлено взаимопроникновением отдельных объемов воздуха. Оно происходит значительно интенсивнее, чем при ламинарном режиме.

46. **Число Рейнольдса** – критерия устойчивости турбулентного режима

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu},$$

где U – средняя скорость движения воздуха в выработке;

D- гидравлический диаметр выработки;

$$D = \frac{4 \cdot S}{P};$$

S - площадь поперечного сечения выработки;

P- периметр поперечного сечения выработки;

ν - кинематическая вязкость воздуха.

47. **Местные сопротивления** - являются различного рода препятствия на пути движения воздуха. К ним относятся: повороты и сопряжения выработок, кроссинги, двери с окнами, внезапные сужения и расширения струи, движущиеся поезда и другие загромождения выработок.
48. **Лобовое сопротивление** - имеет место при обтекании воздухом неподвижного тела или при движении тела в неподвижной среде.
49. **Эквивалентным отверстием** называется такое воображаемое отверстие в тонкой стенке, через которое при депрессии, равной депрессии шахты, проходит такое же количество воздуха, как и через шахту.
50. **Вентиляционная сеть** Совокупность связанных между собой горных выработок шахты, по которым движется воздух.
51. **Вентиляционным планом** называется вычерченный в масштабе план горных выработок, на котором стрелками указано направление движения воздуха. На шахтных вентиляционных планах указываются также скорость и количество воздуха в выработке, ее сечение, места расположения замерных станций и др. Вентиляционный план необходим для контроля проветривания шахты, а также служит источником ряда данных для расчета вентиляции (длина выработок, их сечение, места утечек и т.п.)
52. **Естественной тягой** называется движение воздуха под действием естественных причин: различной плотности воздуха, скоростного давления ветра, движения воды. Разность давлений, обусловленная этими причинами, называется **депрессией естественной тяги h_e** .

**МИНСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

1. Анализ внезапных выбросов угля и газа в шахтах и методы борьбы с этими явлениями.
2. Анализ методов прогноза и способов предотвращения выбросоопасности в стран ближнего и дальнего зарубежья.
3. Зарубежный опыт отработка защитных пластов.
4. Опыт применение гидрорыхления угольного пласта
5. Опыт бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива
6. Анализ применение разгрузочных пазов
7. Анализ зарубежного опыта способов вскрытия выбросоопасных пластов
8. Зарубежный опыт предотвращения выбросоопасности методами дегазации
9. Основные меры борьбы с взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим) зарубежом
10. Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках зарубежом
11. Изучения вентиляционного плана одной из действующих шахт или рудников
12. Анализ работы вентиляторов на вентиляционную сеть
13. Зарубежный опыт использования естественная тяга воздуха в шахтах
14. Изучение методов расчета величины депрессии естественной тяги
15. Изучение методов измерение величины депрессии на действующих шахтах
16. Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт
17. Производственный опыт регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети
18. Анализ опыта проветривание стволов при их проходке
19. Изучение методик расчета количества воздуха, необходимого для проветривания стволов
20. Изучение методики расчета трубопровода и вентилятора для проветривания стволов...
21. Совершенствование проветривание горизонтальных и наклонных выработок
22. Особенности проветривания длинных тупиковых выработок
23. Основные схемы проветривания очистных выработок
24. Изучение методики расчетов максимально допустимой нагрузки на забой по газовому фактору
25. Порядок проектирования проветривания шахт
26. Порядок проектирования проветривания рудников
27. Методы выбора вентилятора главного проветривания
28. Выбор способов и схем проветривания шахт
29. изучения источников вредности горнопромышленных предприятий и способы определения воздухообмена
30. Естественная вентиляция горнопромышленных предприятий
31. Изучение методики расчета вентиляционной сети
32. Местная вентиляция

**МИНСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



РЕКОМЕНУЕМЫЕ ЛЕТЕРАТУРЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

Навои – 2016

Список рекомендуемой литературы

Основные

9. Каледина Н. О. Вентиляция производственных объектов. М.:МГГУ, 2001, 194 с.
10. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Проблемы шахтного метана. - М.:МГГУ, 2002, 410 с.
11. Под редакцией Ушакова К.З. Безопасность жизнедеятельности. - М.: МГГУ, 2005, 430 с.
12. Ушаков К.З., Каледина Н. О., Кирин Б. Ф. и др. Безопасность ведения горных работ и горноспасательные дело. -2-е изд., М.: МГГУ, 2002- 487 с.
13. Скопинцева О. В. Методические указания для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине “Аэрология горных предприятий”. М.: МГГУ, 2004, -36 с.
14. Порцевский А. К., Комаров Е. И. Вентиляция шахт. Аэрология карьеров. Учебное пособие. М.: МГОУ, 2004, -49 с.(1 издание)

Дополнительные литературы

15. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
16. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.
17. Ушаков К.З. Математическое моделирование надежности и эффективности шахтных вентиляционных систем. М.: МГГУ, 1999 - 182с.
18. Субботин А. И. Управление безопасности труда - М.: МГГУ, 2004 - 266с.
19. Малашкина В.А. Дегазационные установки. - М.: МГГУ, 2000 -190 с
20. Кирин Б. Ф., Каледина Н. О., Слепцов Г.И. Защита в чрезвычайных ситуациях. - М.: МГГУ, 2004 -285 с
21. Интернет сайты:
http://www.elibrary.ru/menu_info.asp – научная электронная библиотека.
<http://mggu.da.ru> – Московский государственный горный институт.
<http://www.mining-journal.com/mj/MJ/mj.htm> - Mining Journal
<http://www.rsl.ru> – Российская государственная библиотека
<http://www.minenet.com> – Mining companies.
[http:// www.uz/rus/industries/cmi.htm-](http://www.uz/rus/industries/cmi.htm) угледобывающая промышленность Узбекистана.
[http:// www.uz/rus/industries/zdo.htm-](http://www.uz/rus/industries/zdo.htm) золотодобывающая отрасль
[http:// www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

Хахимов Ш.И.



**СБОРНИК ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Теоретические основы аэрология шахт и рудников»**

**для магистрантов по специальности 5А 311601 – «Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых»**

Навоий - 2016

Оглавление

стр.

Введение (лекция № 1).....	3
1.1 Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками.....	4
1.2 Значение курса в деле обеспечения чистоты и качественного состава воздуха в подземных сооружениях.....	7
1.3 Вклад отечественных ученых в дело развития “Рудничной аэрологии” как науки.....	7
Часть I Рудничная атмосфера	10
2. Рудничный воздух (лекция №2).....	10
2.1 Атмосферный воздух.....	12
2.2 Изменение состава и свойств воздуха при его движении по горным выработкам.....	15
2.4 Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха.....	17
3. Метан, его происхождение и свойства (лекция № 3).....	22
3.1 Физико-химические свойства метана.....	24
3.2 Происхождение и формы связи метана с горными породами.....	26
3.3 Метаноносность и метаноёмкость угольных пластов и вмещающих пород.....	28
4. Метанообильность горных выработок и шахт (лекция № 4).....	30
4.1 Виды выделений метана в шахтах.....	31
4.2 Неравномерность обыкновенного метановыделения.....	36
4.3 Меры борьбы с выделениями метана.....	37
4.3 Метанообильность шахт. Деление шахт на категории.....	41
5. Внезапные выбросы угля и газа в шахтах (лекция № 5).....	43
5.1 Классификация газодинамических явлений шахтах.....	45
5.2 Основы теории внезапных выбросов угля и газа.....	47
5.3 Классификация шахтопластов по признаку выбросоопасности.....	48
5.4 Методы прогноза и способы предотвращения.....	51
5.5 Природа локальности выбросоопасности.....	60
6. Борьба с выбросами угля и газа в шахтах (лекция № 6).....	63
6.1 Общие положения.....	64
6.2 Отработка защитных пластов.....	67
6.3 Применение гидрорыхления угольного пласта.....	68
6.4 Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива.....	69
6.5 Применение разгрузочных пазов.....	72
6.6 Предотвращение выбросов угля и газа при механизированном проведении подготовительных выработок.....	73
6.7 Способы вскрытия выбросоопасных пластов.....	77
7. Борьба с метаном методами дегазации (лекция № 7).....	79
7.1 Классификация методов дегазации.....	81
7.2 Дегазация при проведении подготовительных выработок.....	82
7.3 Дегазация разрабатываемого пласта скважинами.....	88
7.4 Дегазация пластов гидроразрывом и гидрорасчленением.....	89
7.5 Способы дегазации спутников (сближенных пластов).....	91
7.6 Дегазация выработанных пространств.....	94

7.7 Эффективность дегазации.....	95
8. Рудничная пыль (лекция № 8).....	96
8.1 Общие сведения.....	98
8.2 Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли.....	98
8.3 Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыл.....	100
8.4 Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.....	102
8.5 Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).....	104
9. Тепловой режим шахт (лекция № 9).....	105
9.1 Общие сведения.....	106
9.2 Тепловой режим и тепловой баланс.....	107
9.3 Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках.....	109
9.4 Подогрев подаваемого в шахту воздуха.....	113
Часть II Рудничная аэродинамика.....	115
10. Основные понятия и определения рудничной аэродинамики (лекция № 10).....	115
10.1 Общие сведения.....	116
10.2 Основные физические характеристики рудничного воздуха.....	117
11. Основные определения рудничной аэродинамики (лекция № 11).....	121
11.1 Основные законы аэростатики.....	121
11.2 Режимы движения воздуха в шахтах. Критерий Рейнольдса.....	126
11.3. Основные законы аэродинамики.....	129
11.4 Типы воздушных потоков.....	136
12. Аэродинамическое сопротивление горных выработок (лекция № 12) ..	138
12.1 Основной закон движения воздуха по горным выработкам.....	139
12.2 Законы сопротивления.....	144
12.3 Виды сопротивлений.....	147
12.4 Единицы сопротивления. Эквивалентное отверстие.....	149
13. Шахтные вентиляционные сети и планы (лекция № 13).....	154
13.1 Вентиляционная сеть. Вентиляционный план.....	155
Методы расчета шахтных вентиляционных сетей (лекция № 14).....	158
14.1. Элементы шахтной вентиляционной сети и их расчет.....	158
15. Виды вентиляционных соединений и их расчет (лекция №15)	164
15.1 Последовательное, параллельное и диагональные вентиляционные соединения.....	164
15.2 Расчет сложного параллельного соединения.....	169
16. Расчет сложных вентиляционных соединений (лекция № 16)	
16.1 Преобразование треугольника в звезду.....	176
16.2. Графические методы расчета вентиляционных сетей.....	179
17. Анализ работы вентиляторов на вентиляционную сеть (лекция № 17)	
17.1. Работа одного вентилятора на сеть. Характеристика вентилятора и сети в графическом и аналитическом выражении.....	182
17.2. Совместная работа вентиляторов.....	187
18. Естественная тяга воздуха в шахтах (лекция № 18).....	197
18.1. Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги.....	197
18.2. Расчет величины депрессии естественной тяги.....	200
18.3. Измерение величины депрессии на действующих шахтах.....	203
18.4. Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт.....	205

19. Регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети (лекция № 19)	209
19.1 Причины, вызывающие необходимость регулирования.....	210
19.2 Отрицательное и положительное регулирование.....	212
20. Способы регулирования подачи воздуха в шахт (лекция № 20)	219
20.1. Способы регулирования подачи воздуха в шахт.....	219
Часть III Проветривание шахт	222
21. Проветривание подземных выработок при их сооружении (лек № 21)	222
21.1 Общие сведения.....	223
21.2 Особенности проветривания при проходке стволов.....	226
21.3 Способы и схемы вентиляции стволов при проходке.....	231
21.4 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания стволов..	236
21.5 Расчет трубопровода и вентилятора для проветривания стволов.....	241
22. Проветривание горизонтальных и наклонных выработок (лекция № 22).	247
22.1 Способы проветривания тупиковых горных выработок.....	248
22.2 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок.....	257
22.3 Особенности проветривания длинных тупиковых выработок.....	258
23. Проветривание очистных выработок (лекция № 23)	260
23.1 Основные схемы проветривания очистных выработок.....	261
23.2 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания очистных выработок.....	266
23.3 Расчет максимально допустимой нагрузки на забой по газовому фактору.....	272
24. Проектирование вентиляции шахт (лекция № 24)	274
24.1 Общие положения.....	276
24.2 Порядок проектирования проветривания шахт.....	281
24.3 Способы проветривания шахт.....	283
24.4 Выбор способов и схем проветривания шахт.....	288
24.5 Расчет расхода воздуха для проветривания шахты.....	290
24.6 Порядок выбора вентилятора главного проветривания.....	292
Часть IV Промышленная вентиляция	296
25. Основы промышленной вентиляции (лекция № 25)	296
25.1. Общие положения.....	297
25.2 .Основные вредности промышленных предприятий и способы определения воздухообмена.....	299
25.3 Естественная вентиляция.....	302
25.4 Искусственная вентиляция.....	307
25.5 Методика расчета вентиляционной сети.....	309
25.6 Местная вентиляция.....	313

Введение

Лекция № 1

- 1.2. Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками
- 1.2. Значение курса в деле обеспечения чистоты и качественного состава воздуха в подземных сооружениях.
- 1.3. Вклад отечественных ученых в дело развития “Рудничной аэрологии” как науки. Главнейшие НИИ и учебные институты, ведущие работы в области “Рудничной аэрологии”.

Цель изучения темы:

3. Довести до сведения студентов содержание курса, его предмет, цели и задачи.
4. Познакомить с отечественными учеными, а также главнейшими НИИ и учебными институтами, ведущими работы в области “Рудничной аэрологии”.

1.1 Предмет, содержание курса и его связь со смежными науками

За последние годы горнодобывающая промышленность во всех странах мира подверглась коренной реконструкции на базе широкого технического перевооружения ее в направлении комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов, внедрения современной вычислительной техники.

Одновременно с увеличением размеров шахтных полей увеличивается глубина современных шахт, их газообильность, температура горных пород и интенсивность пылеобразования. В связи с этим проветривание шахт и кондиционирование воздуха в подземных выработках усложняется и значение рудничной вентиляции возрастает.

Жизнь, здоровье и производительность труда работников, занятых в производственных процессах, в значительной степени зависят от атмосферных условий в выработках рудников и шахт, т.е. от состояния их проветривания. Поэтому вентиляция занимает и будет занимать весьма ответственное место для обеспечения всех производственных процессов в шахтах.

Непосредственным предметом изучения данного курса являются химический состав и физико-химические свойства рудничного воздуха, источники выделения газа в выработки и методы борьбы с ними, свойства рудничной пыли и меры по снижению запыленности рудничной атмосферы, законы движения воздуха в выработках и их аэродинамическое сопротивление, регулирование и распределение воздуха в вентиляционной сети шахты. Рассматриваются также вопросы, связанные с автоматизацией и проектированием проветривания шахт.

Газообильность угольных месторождений тесно связана с геологией их образования, поэтому для понимания происходящих процессов в шахтах необходимо иметь определенный уровень знаний и в этой области.

Кроме физики, химии, гидравлики, геологии, курс «Рудничной и промышленной аэрологии» связан с узкоприкладными направлениями науки, имеющими важное значение для создания безопасных условий отработки угольных пластов. К ним относятся дегазация угольных пластов, борьба с выбросами угля, породы и газа, взрывчатостью пыли и самовозгораемостью углей и т.д.

Обеспечение безопасных условий на рабочих местах и проветривание горных выработок неразрывно связаны между собой. Проведение тех или иных мероприятий,

с целью создания безопасных условий регламентируется в нашей стране, правилами безопасности в угольных и сланцевых шахтах (ПБ) и рядом руководств и инструкций по отдельным направлениям. Наиболее важными из этих нормативных документов являются:

- Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт;
- Руководство по дегазации угольных шахт Украины;
- Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах;
- Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа.

Кроме указанных документов, имеется сборник инструкций к правилам безопасности в угольных шахтах.

1.2 Значение курса в деле обеспечения чистоты и качественного состава воздуха в подземных сооружениях

В нашей стране большое внимание уделяется внедрению современных средств техники безопасности и обеспечению санитарно–гигиенических условий, устранению производственного травматизма и профессиональных заболеваний. В связи с этим вентиляция занимает и будет занимать весьма ответственное место в производственных процессах и шахтах. Будущие горные инженеры должны не только знать технику проветривания рудников и шахт, но и уметь производить инженерные расчеты по вентиляции. Они должны хорошо знать свойства рудничных газов и иметь отчетливое представление о процессах их образования, выделения и перемещения по подземным выработкам, а также о процессах теплообмена и пылеобразования. Только при этих условиях горный инженер сможет успешно руководить современной шахтой, обеспечивать надлежащие атмосферные условия для работы шахтеров, быстро и правильно ориентироваться в постоянно меняющихся условиях в шахте.

1.3 Вклад ученых в дело развития “Рудничной аэрологии” как науки

Основоположителем «Рудничной аэрологии» как науки является великий русский ученый М.В. Ломоносов. Отечественная рудничная аэрология прошла длительный путь развития. На этом пути она достигла больших успехов. За этот период работами А.А. Скочинского, А.Н. Щербаня, В.Б. Комарова, В.Н. Воронина, А.И. Ксенофонтовой, Л.Н.Быкова, Ф.А.Абрамова, Г.Д. Лидина, А.Ф.Воропаева, А.М.Карпова, И.М.Печука и других ученых были созданы основы теории движения воздуха по горным выработкам и основы рудничной термодинамики; исследованы аэродинамические сопротивления горных выработок, разработаны методы их снижения и расчета; заложены основы рудничной газодинамики; изучены законы распределения, движения в недрах земли и выделения в горные выработки рудничных газов и разработаны методы борьбы с ними; созданы научные основы борьбы с рудничной пылью. В практике рудничной аэрологии в свое время нашли широкое применение: физическое и аналоговое моделирование, использование электрических аналоговых машин, электронных цифровых вычислительных машин, специальных методов математического анализа. В настоящее время для этих целей широко применяется компьютерная техника.

Результаты, достигнутые в области рудничной аэрологии, позволяют в настоящее время достаточно обоснованно проектировать вентиляцию шахт и эффективно их проветривать.

Главным институтом в вопросах создания безопасных условий в угольных шахтах Украины является Макеевский научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности. В институте имеется ряд научно-исследовательских отделов, занимающихся вопросами рудничной аэрологии.

Большую научно-исследовательскую работу проводят ДонУГИ, НИИГД, ДТУ, ДГМИ. Из научно-исследовательских и учебных институтов бывшего Советского Союза следует отметить ИГД им. А.А. Скочинского, Московский и Ленинградский горные институты, ВостНИИ и др.

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.
2. Скочинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция.- М.:Угле-техиздат, 1959.- 632 с.

Часть I
Рудничная атмосфера
Лекция № 2
Рудничный воздух

2.1 Атмосферный воздух.

2.2 Изменение состава и свойств атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.

2.3 Основные составные части рудничного воздуха.

2.4 Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха.

Цель изучения темы:

1. Изучить основные причины вызывающие изменение физических свойств и химического состава атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.

2. Изучить источники поступления ядовитых примесей в рудничную атмосферу, свойства ядовитых примесей и меры борьбы с ними.

По данной теме студент должен знать:

1. Изменения атмосферного воздуха при его движении по горным выработкам.

2. Ядовитые газы, поступающие в рудничный воздух, их свойства, характер действия на организм, предельно допустимые и опасные концентрации, признаки отравления и характер оказания помощи при отравлении.

Вопросы для контроля и самоконтроля

1. Почему при движении атмосферного воздуха по горным выработкам изменяется его химический состав и физические свойства?

2. Какие ядовитые примеси могут поступать в атмосферу горных выработок?

3. Источники поступления окиси углерода в горные выработки, ее физико-химические свойства, характер воздействия на организм, опасные и ПДК согласно ПБ.

4. Источники поступления в горные выработки сероводорода (H_2S) и сернистого газа (SO_2), их физико-химические свойства, характер воздействия на организм, опасные концентрации, концентрации, допустимые ПБ.

5. Источники поступления окислов азота в горные выработки, их физико-химические свойства, характер воздействия на организм, признаки отравления, опасные и допустимые ПБ концентрации.

6. Какие газы образуются при работе двигателей внутреннего сгорания? Их свойства, опасные и допустимые ПБ концентрации.

2.1 Атмосферный воздух

Под атмосферным воздухом понимается газообразная оболочка, окружающая земную поверхность и состоящая из смеси газов и паров. Физическое состояние и химический состав атмосферного воздуха изменяются в пространстве и во времени. С высотой, в общем, уменьшаются температура, влажность, плотность и давление воздуха и увеличивается содержание озона.

Состав атмосферного воздуха вследствие высокой его турбулизации довольно постоянен над всей земной поверхностью до высот порядка 20 км. Колебания связаны, главным образом, с изменением содержания углекислого газа, обусловленным различным характером поверхности земли, наличием растительного покрова, промышленных центров и т.п. В историческом аспекте, однако, состав атмосферы претерпевает непрерывные изменения; в последнее время, например, повышается содержание углекислого газа.

Средний состав атмосферного воздуха на уровне моря (% по объему) приблизительно содержит азота— 78,08%, кислорода— 20,95%, аргона— 0,93%, углекислого газа— 0,03%, остальных газов (гелий, неон, криптон, ксенон, озон, радон, водород, перекись водорода, аммиак, йод)— 0,01%.

В земной атмосфере всегда содержится определенное количество механических примесей: пыль, включая дымы, мельчайшие капельки влаги, кристаллы льда. Запыленность воздуха, как правило, больше над материками. С высотой запыленность резко падает.

2.2 Изменение состава и свойств воздуха при его движении по горным выработкам

Атмосферный воздух, поступая в подземные выработки шахт и перемещаясь по ним, претерпевает изменения, состоящие, в основном, в изменении его физического состояния (давления, температуры, скорости) и химического состава, загрязнении механическими примесями (пылью, копотью и т. п.), изменении влагосодержания.

Изменение давления состоит в его увеличении с ростом глубины шахт. Некоторое влияние на величину давления оказывает работа шахтного вентилятора. В глубоких шахтах атмосферное давление может составлять 850 мм. рт. ст. и более.

Особенность теплового состояния воздуха в подземных выработках, по сравнению с атмосферным воздухом, состоит в уменьшении суточных и сезонных колебаний его температуры и в повышении температуры, по сравнению со среднегодовой температурой воздуха, на поверхности. С глубиной температура воздуха повышается и в глубоких шахтах при отсутствии охлаждения может составлять 30°C и более. Скорость воздуха в подземных выработках регламентируется требованиями ПБ и изменяется в пределах 1÷16 м/сек.

Загрязненность воздуха механическими примесями в подземных выработках выше, чем на поверхности, вследствие происходящих в шахте процессов дробления горных пород и полезного ископаемого, а в некоторых случаях также в результате работы двигателей внутреннего сгорания и наличия в выработках открытого огня.

Влажность шахтного воздуха повышается вследствие притока в выработки подземных вод и составляет в среднем 80-90%. Изменения состава воздуха при его движении по горным выработкам состоят в уменьшении содержания кислорода, увеличении содержания углекислого газа и азота и в появлении ряда газов, не содержащихся в земной атмосфере (метан, окись углерода и др.). Воздух, поступивший с поверхности в горные выработки и претерпевший определенные изменения, называется рудничным воздухом.

Наиболее существенные изменения происходят в местах ведения очистных и подготовительных работ. Поэтому, с некоторой условностью, рудничный воздух в выработках до забоев называется свежим, а воздух после проветривания забоев— отработанным. Соответственно этому, воздушную струю, движущуюся от воздухоподающего ствола к забоям, называют поступающей или свежей, а от забоев к воздуховыдающему стволу — исходящей или отработанной.

2.3 Основные составные части рудничного воздуха

Основными составными частями рудничного воздуха, также как и атмосферного, являются кислород, углекислый газ и азот. В рудничном воздухе, по сравнению с атмосферным, содержится меньше кислорода и больше углекислого газа и азота.

Кислород (O₂) — газ без цвета вкуса и запаха с удельным весом 1,11 при t=0° С и 760 мм. рт. ст.

При дыхании человек поглощает примерно 1/5 всего количества кислорода, содержащегося во вдыхаемом воздухе. В результате выдыхаемый воздух содержит около 17 % O₂ и около 4% CO₂, в нем несколько увеличивается содержание азота. Количество поглощенного организмом кислорода несколько больше, чем выделяемого углекислого газа.

Максимальное насыщение крови человека кислородом происходит при его парциальном давлении 160 мм. рт. ст., что при нормальном атмосферном давлении соответствует содержанию кислорода в воздухе, равному примерно 21%, т.е. нормальному содержанию его в приземном слое атмосферы. В силу ряда причин, содержание кислорода в рудничном воздухе неизбежно уменьшается, по сравнению с атмосферным. согласно ПБ, минимальное содержание кислорода в рудничном воздухе должно быть не менее 20%. В ряде зарубежных стран минимально допустимой концентрацией кислорода является 19,5-19,6%.

В условиях подземных работ, при снижении кислорода примерно до 17%, наступает одышка и учащенное сердцебиение, а при 12% атмосфера становится смертельно опасной. При хорошей вентиляции шахт содержание кислорода в выработках, как правило, превышает 20%. В непроветриваемых выработках, при взрывах метана и угольной пыли и при пожарах, содержание O₂ в воздухе может снижаться до 1-3%; в такой атмосфере человек теряет сознание через 1-2 минуты, а через 5-10 мин наступает клиническая смерть.

Углекислый газ (CO₂) — бесцветный газ со слабокислым вкусом. Удельный вес 1,52. Химически весьма инертен, не горит и не поддерживает горения.

Физиологически углекислый газ слабо ядовит. При 6% появляется одышка и слабость, при 10% возможно обморочное состояние, при 20÷25% — смертельное отравление. Основными причинами появления углекислого газа в шахтах являются процессы: окисления древесины и угля, разложения пород кислыми рудничными водами и выделения его из угля и пород.

Углекислый газ образуется также при взрывных работах, рудничных пожарах, взрывах метана и угольной пыли, дыхании людей. Некоторые количества CO₂ могут поступать с поверхности при горении близкорасположенных породных отвалов. Максимально допустимые концентрации CO₂ на рабочих местах и исходящих струях участков — 0,5%, в общих исходящих струях крыла шахты — 0,75%, при проведении и восстановлении выработок по завалу— 1,0%. В хорошо проветриваемых шахтах CO₂ находится в пределах 0,1÷0,15%.

Азот(N₂) — газ без цвета, вкуса и запаха. Удельный вес его 0,97. Азот весьма инертен химически. Увеличение содержания N₂ в воздухе оказывает влияние на человека лишь за счет уменьшения содержания кислорода.

В рудничный воздух азот поступает из угля и пород; он образуется при взрывных работах и при гниении органических веществ. Содержание азота в рудничном воздухе ПБ не нормируется.

2.4 Ядовитые, взрывчатые и радиоактивные примеси рудничного воздуха

Основными ядовитыми примесями рудничного воздуха являются окись углерода, окислы азота, сернистый газ, сероводород. В ряде случаев в рудничном воздухе встречаются аммиак, акролеин, альдегиды, цианистый водород, пары

мышьяка и ртути. Основными взрывчатыми примесями являются метан, водород, тяжелые углеводороды; иногда встречаются взрывчатые газы — аммиак и ацетилен.

Оксид углерода (СО) — без цвета, вкуса и запаха; удельный вес 0,97. Горит и взрывается при содержании ее в воздухе 12,5÷75%, наибольшая сила взрыва достигается при 30%. Температура воспламенения газовой смеси в этом случае 630÷810° С, цвет пламени голубовато-синий.

Газ весьма ядовит: легко соединяясь с гемоглобином в крови (в 250-300 раз активнее кислорода), он вытесняет из нее кислород, вызывая тем самым кислородное голодание организма. Для полного насыщения крови человека окисью углерода ее требуется всего лишь 300 см³.

Симптомы нехронического отравления окисью углерода:

- при слабом отравлении, являющимся следствием вдыхания в течение до 1 часа воздуха с содержанием 0,048% СО — головная боль, шум в ушах, головокружение, сердцебиение;
- при сильном отравлении, вызываемом вдыханием в течение 0,5÷1,0 часа воздуха с содержанием 0,128% СО — кроме вышеуказанных симптомов, потеря способности двигаться и притупление сознания;
- при смертельно опасном отравлении, наступающем после очень непродолжительного вдыхания воздуха с содержанием 0,4% СО, — потеря сознания, судороги; при содержании СО около 1% потеря сознания наступает после нескольких вдохов.

Первая помощь при отравлении СО — искусственное дыхание на свежей струе воздуха.

Основными источниками загрязнения рудничного воздуха окисью углерода являются взрывные работы, рудничные пожары, взрывы угольной пыли и метана, работа двигателей внутреннего сгорания. В обычных условиях основное количество СО в шахтах дают взрывные работы.

Содержание СО в рудничном воздухе не должно превышать 0,0024% при длительном пребывании людей. Перед допуском людей в забой после взрывных работ содержание условной окиси углерода не должно превышать 0,008% при условии продолжающегося непрерывного проветривания забоев.

Оксиды азота — образуются при взрывных работах и состоят из смеси окиси азота NO, двуокиси азота NO₂, двуокиси азота N₂O₄, пятиокиси азота N₂O₅. Эти окислы имеют бурый цвет и характерный резкий запах.

Оксиды азота весьма ядовиты, вызывают раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а в тяжелых случаях — отеки легких. Токсичное действие окислов азота проявляется через 4÷6 часов (иногда — через 20÷30 ч). Симптомы отравления: кашель, головная боль, рвота, синюшность, повышение температуры тела, расстройство сердечной деятельности. Смертельная концентрация окислов азота при кратковременном вдыхании — 0,025%. Содержание окислов азота в воздухе действующих выработок угольных шахт не должно превышать 0,0002% в пересчете на NO₂.

Сернистый газ (SO₂) — бесцветен, имеет сильный раздражающий запах и кислый вкус. Весьма ядовит: он раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, в тяжелых случаях вызывает воспаление бронхов, отек гортани и легких. Концентрация 0,05% опасна для жизни даже при кратковременном вдыхании. Запах SO₂ ощутим с 0,0005%. Сернистый газ образуется при взрывных работах, если они ведутся в сернистых породах или

если ВВ содержат серу, при рудничных пожарах и выделяется из горных пород. Содержание SO_2 в воздухе действующих выработок шахт не должно превышать 0,00035%.

Сероводород (H_2S) — газ без цвета, со сладковатым вкусом и запахом тухлых яиц (ощутим при содержании его в воздухе до 0,0001%). Сероводород горит и, при концентрации в воздухе 6%, взрывается.

Сероводород очень ядовит, действует раздражающе на слизистые оболочки глаз и дыхательных путей. Симптомы отравления: раздражение и жжение в глазах и дыхательных путях, усталость, тошнота, рвота, обморок. Смертельно опасен даже при кратковременном воздействии концентрации H_2S 0,1%. Содержание H_2S в воздухе действующих выработок не должно превышать 0,00066%. Сероводород выделяется из горных пород и минеральных источников, кроме того, он образуется при гниении органических веществ, разложении шахтными водами содержащих серу пород, при рудничных пожарах, взрывных работах.

Аммиак (NH_3) — газ без цвета, с резким характерным запахом; хорошо растворим в воде. При содержании в воздухе 30% аммиака он взрывается.

Ядовит, раздражает слизистые оболочки и кожу, а при высоких концентрациях вызывает отек гортани. Допустимое содержание NH_3 в воздухе — 0,0025%.

Акролеин — бесцветная легко испаряющаяся жидкость. Образуется в результате разложения дизельного топлива под воздействием высокой температуры. Очень ядовит, раздражает слизистые оболочки, вызывает головокружение, тошноту, боли в желудке, рвоту. Максимально допустимая концентрация его в воздухе 0,00008%.

Водород (H_2) — бесцветный газ с удельным весом 0,07. Водород горит и взрывается при содержании его в воздухе от 4 до 74%. Температура воспламенения на 100-200⁰ С ниже температуры воспламенения метана.

Водород выделяется из пород и угля при средней степени его метаморфизма, а также образуется в шахтах при зарядке аккумулятивных батарей.

Максимально допустимая концентрация H_2 в воздухе — 0,5%.

Тяжелые углеводороды. В рудничном воздухе встречается этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 и бутан C_4H_{10} . Выделяются при разработке малометаморфизированных углей и могут образовываться при взрывных работах. Все три газа взрывчаты, а так же придают воздуху слабые наркотические свойства.

Радиоактивные примеси. Наиболее часто встречаются радон, торон и актинон.

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.— М.:Недра, 1971 (1978).- 376 с.
2. Скочинский А.А., Комаров В.Б. Рудничная вентиляция.— М.:Угле-техиздат, 1959.- 632 с.
3. Справочник по рудничной вентиляции./ Под редакцией К.З. Ушакова.— М.:Недра, 1977.- 328 с.
4. Карпов Е.Ф., Клебанов Ф.С., Фирчанек О.Б. и др. Природные опасности в шахтах, способы их контроля и предотвращения./ Под ред. Ф.С. Клебанова. — М.:Недра, 1981.- 471с.

Лекция № 3

Метан, его происхождение и свойства

3.1 Физико-химические свойства метана.

3.2 Происхождение и формы связи метана с горными породами.

3.3 Метаноносность и метаноёмкость угольных пластов и вмещающих пород.

Цель изучения темы:

Изучение свойств метана продиктовано тем, что его выделения в горные выработки являются одной из главных причин возникновения крупных аварий на шахтах.

3.1 Физико-химические свойства метана

Метан – является основной составной частью рудничного газа, представляющего собой смесь газов, выделяющихся в горные выработки из пород и полезного ископаемого. В угольных шахтах рудничный газ состоит, в основном, из метана (иногда до 100%) с примесью CO_2 (до 5%), азота (несколько процентов), водорода и гомологов метана (суммарно 1÷4%) и др.

В литературе часто рудничным газом называют собственно метан.

Метан (CH_4) – газ без цвета, вкуса и запаха. При обычных условиях метан весьма инертен и соединяется только с галоидами. В небольших количествах метан физиологически безвреден. Повышение содержания CH_4 в воздухе опасно лишь вследствие уменьшения содержания кислорода, вытесняемого метаном. Метан горит бледным голубоватым пламенем. Примесь к метану этана и пропана придает воздуху слабое наркотическое свойство.

Температура воспламенения метана $650\div 750^\circ\text{C}$. Она зависит от содержания метана в воздухе, состава атмосферы, давления, источника воспламенения.

С воздухом метан образует горючие и взрывчатые смеси. При содержании в воздухе до 5÷6% он горит около источника тепла, от 5÷6 до 14÷16% – взрывается, свыше 14÷16 – не горит и не взрывается, но может гореть у источника тепла при притоке кислорода извне.

Сила взрыва зависит от абсолютного количества участвующего в нем метана. Наибольшей силы взрыв достигает при содержании в воздухе 9,5% метана. При большей концентрации метана часть его остается несгоревшей из-за недостатка кислорода. Вследствие высокой теплоемкости метана, эта его часть охлаждает пламя взрыва. При содержании в воздухе CH_4 свыше 14÷16% происходит его полное самогашение и взрыв не возникает.

Наиболее легко воспламеняются воздушные смеси, содержащие 7÷8% метана.

Пределы взрывчатости метановоздушной смеси расширяются с повышением ее начальной температуры и давления смеси. Так, при начальном давлении 10 ат. метановоздушная смесь взрывается при содержании метана от 5,9 до 17,2%. Следует отметить свойство запаздывания вспышки метана, состоящее в том, что его воспламенение происходит через некоторое время после возникновения контакта с источником тепла. Время запаздывания вспышки называется индукционным периодом. Наличие индукционного периода создает условия для предупреждения вспышки метана при взрывных работах путем применения предохранительных ВВ. При этом время, необходимое для остывания продуктов взрыва ниже температуры воспламенения метана, должно быть меньше длительности индукционного периода.

Давление газа в месте взрыва примерно в 9 раз превосходит начальное давление газо-воздушной смеси до взрыва. Предварительное сжатие

метановоздушной смеси, распространяющейся взрывной волной, способствует развитию высоких давлений (до 30 ат. и выше).

3.2 Происхождение и формы связи метана с горными породами

Процессы образования метана протекали одновременно с формированием пластов угля и метаморфизмом первичного органического вещества. В породах (углях) метан находится, как минимум, в двух состояниях: в виде свободного и сорбированного (связанного) газа.

На современных глубинах горных работ давление газа достигает 130 атмосфер и основное количество метана находится в сорбированном состоянии. Различают три формы связи газа с твердым веществом: адсорбцию (связывание молекул газа на поверхности твердого вещества под действием сил молекулярного притяжения), абсорбцию (проникновение молекул газа в вещество без химического взаимодействия и образование “твердого раствора”) и хемосорбцию (химическое соединение молекул газа и твердого вещества). Основное количество сорбированного породами метана находится в адсорбированном состоянии. С повышением давления газа количество сорбированного метана увеличивается, с повышением температуры – уменьшается.

Сорбционная способность углей при данной температуре зависит от давления газа и характеризуется изотермами сорбции (рис. 3.1)

Зависимость сорбционной способности углей от давления выражается уравнением Ленгмюра

$$\frac{P}{x} = \frac{1}{a \cdot b} + \frac{P}{b}, \quad (3.1)$$

где P – давление газа, ата;

x – количество сорбированного газа, см³/г ;

a, b – коэффициенты Ленгмюра, определяемые при изучении сорбционной способности углей, имеющие размерность соответственно ата⁻¹ и см³/г.

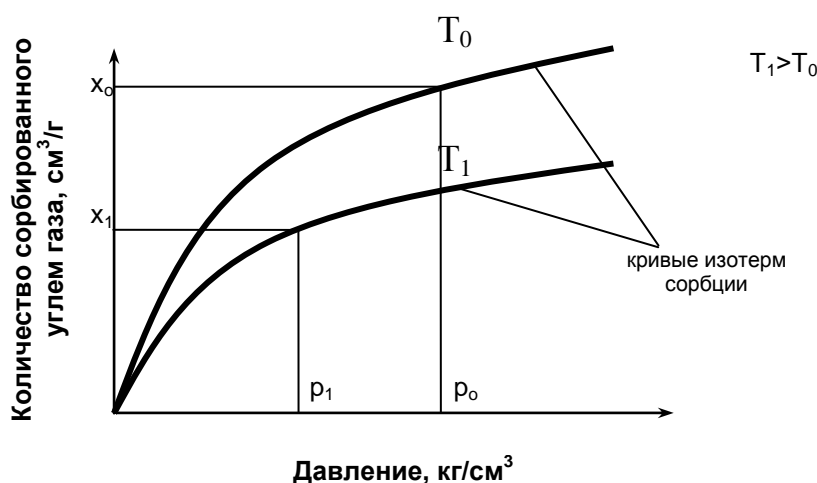


Рисунок 3.1 — Изотермы сорбции метана углем

P_0, T_0, x_0 – соответственно давление, температура и метаноносность, характеризующие систему газ– уголь в природных условиях;

P_1, T_1, x_1 – соответственно давление, температура и метаноносность системы газ-уголь после нарушения равновесного состояния в результате ведения горных работ.

3.3 Метаноносность и метаноемкость угольных пластов и вмещающих пород

Метаноносностью называется количество метана, содержащегося в природных условиях в единице веса или в единице объема угля или породы. Имеет размерность $\text{м}^3/\text{т}$ или $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Метаноемкостью называется количество газа в свободном и сорбированном состоянии, которое может поглотить единица веса или единица объема угля или породы при данном давлении и температуре.

Метаноемкость определяется в лабораторных условиях. Вследствие невозможности воссоздания в лаборатории всех природных условий метаноемкость обычно отличается от метаноносности.

Основными факторами, определяющими метаноносность угольных отложений, являются степень метаморфизма угля, сорбционная способность, пористость и газопроницаемость отложений, влажность, геологическая история месторождения, глубина залегания, гидрогеология и угленасыщенность месторождения.

С увеличением степени метаморфизма угля возрастает количество образовавшегося в нем метана (объем образовавшегося метана может в несколько десятков раз превышать объем угля). Под метаморфизмом понимается необратимый процесс повышения содержания углерода в результате изменения химического состава, физических свойств и внутреннего строения ископаемых углей под действием температуры и давления, развивающихся в результате геологических процессов.

Сорбционная способность увеличивается с повышением степени метаморфизма угля. Сорбционная способность углей значительно выше, чем пород.

Пористость является одним из факторов, определяющих количество газа, находящегося в веществе в свободном и сорбированном состоянии.

Пористость углей месторождений СНГ находится в пределах от 1 до 15%, пористость пород – от 0 до 60% (туфы).

Вековое движение метана из недр к поверхности и движение воздушных и биохимических газов в обратном направлении привели к образованию в земной коре четырех газовых зон: азотнокислых, азотных, азотнометановых и метановых газов.

Литература

1. Эттингер И.Л., Шульман Н.В. Распределение метана в породах ископаемых углей.- М.:Наука, 1975.- 112 с. 2. Петросян Г.Д., Лидин А.М., Дмитриев А.М. и др. Закономерности распределения метана в угольных месторождениях.- М.:Недра, 1973.- 148с.

Лекция № 4

Метанообильность горных выработок и шахт

4.1 Виды выделений метана в шахтах.

4.2 Неравномерность обыкновенного метановыделения.

4.3 Меры борьбы с выделениями метана.

4.4 Метанообильность шахт. Деление шахт на категории.

Цель изучения темы:

Изучить виды выделений метана в шахтах, а также классификацию шахт в зависимости от метанообильности и вида выделения метана.

4.1 Виды выделений метана в шахтах

Газовыделение – это процесс поступления газа в атмосферу шахты в результате ведения горных работ.

В угольных шахтах источниками газовыделений являются разрабатываемые, а также смежные подрабатываемые или надрабатываемые пласты угля и пропластки, вмещающие породы. Выделяются газы в горные выработки через свободную поверхность разрабатываемого пласта из отбитого угля и трещины во вмещающих породах.

Различают газовыделения:

- обыкновенное – происходящее из невидимых трещин и пор в угле и породах;
- суфлярное – местное концентрированное выделения газа из природных или эксплуатационных трещин с дебитом $1\text{ м}^3/\text{мин}$ и более на участке выработки протяженностью до 20м;
- внезапное – местное выделение больших объемов газа, сопровождающееся разрушением призабойной части угольного пласта.

Обыкновенное выделение метана происходит с обнаженной поверхности угольного массива через мелкие, невидимые трещины. Величина этого газовыделения тем больше, чем выше газоносность и газопроницаемость угля, а также газовое давление.

В первые моменты после вскрытия пласта газовыделение происходит весьма интенсивно. Затем быстро падает и, через 6÷10 месяцев, оно практически прекращается. Время после обнажения пласта, по истечении которого газовыделение с обнаженной поверхности практически прекращается, называется периодом дренирования. В результате выделения метана с обнаженной поверхности в массиве угля образуется зона дренирования, метаноносность угля в которой изменяется от минимальной величины на кромке обнажения пласта до природной метаноносности на некотором расстоянии от обнаженной поверхности пласта. Выделение метана с обнаженной поверхности пласта зависит также от производственных процессов, изменяющих условия выделения газа с поверхности пласта: зарубка, отбойка угля, управление кровлей.

Суфлярное метановыделение происходит из крупных, видимых на глаз трещин и пустот в угле и породах или из эксплуатационных трещин. Дебит их может быть до десятков тысяч кубических метров в сутки, продолжительность действия от нескольких часов до нескольких лет. Суфляры представляют опасность вследствие неожиданности их проявления и сопутствующего им увеличения концентрации газа в выработке. Суфляры бывают природного и эксплуатационного происхождения.

Природные суфляры (первого рода) обычно встречаются в зонах геологических нарушений. Суфляры эксплуатационного происхождения (второго рода) появляются вследствие нарушения целостности боковых пород при выемке угля.

Борьба с суфлярами ведется путем дегазации массива (для этого применяется передовое бурение скважин, опережающая отработка защитных пластов, соответствующий способ управления кровлей) и увеличением подачи воздуха в выработки.

При внезапном выбросе из угольного пласта в выработку за короткий промежуток времени может выделиться большое количество газа вместе со значительным количеством угольной мелочи. В пласте угля образуются характерные пустоты, а выработка заполняется углем и газом на десятки и сотни метров от забоя.

Количество метана, выделяющегося при выбросе, находится в пределах от нескольких сотен до 500 тыс.м³ и более, горной массы – от 1÷2 до 15000 т.

Внезапные выбросы обычно происходят в забоях подготовительных и очистных выработок, при вскрытии опасных пластов, при пересечении зон геологических нарушений. Внезапным выбросам обычно предшествуют предупредительные признаки: удары, толчки, гул в массиве угля, осыпание забоя, отскакивание кусочков угля (стреляние), выжимание угля, повышенное газовыделение. Основными факторами, влияющими на возникновение внезапного выброса, являются горное давление, энергия заключенного в угле газа, физико-механические свойства угольного пласта и вмещающих пород.

Виды газовыделений в угольных шахтах и их возможные источники приведены в табл. 4.1.

4.2 Неравномерность обыкновенного метановыделения

Метановыделение весьма неравномерно во времени. Степень неравномерности зависит от чередования производственных процессов в забоях, от применяемых способов выемки, проходки и управления кровлей, от свойств угля и вмещающих пород, колебаний барометрического давления и др.

Одним из основных условий безопасной разработки угольных месторождений подземным способом является обеспечение допустимого уровня содержания метана в вентиляционных струях горных выработок. К числу важнейших показателей, определяющих возможность достижения указанных результатов, является знание неравномерности метановыделения в горные выработки. Колебания газовыделений учитывают при расчетах необходимого количества воздуха для проветривания выработок, как на стадии проектирования, так и в процессе работы угольных предприятий.

Эти колебания обычно оцениваются с помощью коэффициента неравномерности, отражающего возможные отклонения газовыделений от среднего уровня за определенный промежуток времени, чаще всего за сутки или технологический цикл. У исследователей нет единого подхода к определению этого коэффициента.

В общем случае коэффициент неравномерности газовыделения (K_H) определяется как отношение максимального значения газовыделения (I_{\max}) к его среднему значению (\bar{I}).

$$K_H = \frac{I_{\max}}{\bar{I}}. \quad (4.1)$$

Главным предметом разногласий исследователей является способ определения I_{\max} и \bar{I} .

4.3 Меры борьбы с выделениями метана

Весь комплекс мер борьбы с метаном в шахтах преследует следующие цели:

- недопущение опасных скоплений метана в выработках;
- предупреждение воспламенения метана;
- ограничение последствий взрывов;
- борьба с суфляжными и внезапными выбросами.

Основной мерой предотвращения опасных скоплений метана является вентиляция, которая считается эффективной, если по всей сети действующих выработок шахты поддерживаются допустимые концентрации газа.

Поступление необходимого количества воздуха в газовую шахту и на отдельные ее участки достигается уменьшением аэродинамического сопротивления шахты и распределением воздуха по выработкам в соответствии с их газовым балансом.

Реализация мероприятий по сокращению утечек воздуха в шахте приводит к увеличению поступления его к местам основного потребления (очистным и подготовительным забоям).

Однако, наряду с обеспечением выработок достаточным количеством воздуха, необходимо выполнять и ряд дополнительных требований. Так, при слоевых скоплениях метана часто средняя концентрация его на выходе из выработки находится в допустимых пределах, в то время как в слое на некотором участке выработки содержание газа может превышать безопасные нормы. Чтобы избежать такую ситуацию, применяют меры по усилению перемешивания воздушного потока в пределах слоя.

При проветривании тупиковых выработок возможны случаи, когда вентилятор будет засасывать загрязненный метаном воздух и вновь подавать его в забой (рециркуляция воздуха). При этом в забое будет накапливаться метан, и содержание его может превышать допустимые концентрации. Чтобы не допустить рециркуляцию воздуха, необходимо надежно отделять свежую струю от исходящей, в частности – располагать вентилятор (или конец всасывающего трубопровода) только на свежей струе. Это же требование распространяется и на сквозные выработки: движущийся по ним загрязненный воздух не должен попадать в свежие струи, поступающие к местам ведения работ.

В большинстве случаев метан имеет тенденцию скапливаться в верхних частях выработок, особенно при недостаточно интенсивном перемешивании воздушного потока. Интенсивное перемешивание метана в вентиляционном потоке возможно лишь при скоростях движения воздуха в выработке не ниже 1 м/сек. Даже кратковременная остановка вентиляторов в газовой шахте недопустима.

При высокой газообильности пластов часто только средствами вентиляции невозможно обеспечить допустимые концентрации метана в горных выработках. Это требует проведения специальных мероприятий по борьбе с метаном. Основным из них является применение дегазации, которая предусматривает изолированный отвод газозадушной смеси с высоким содержанием метана на поверхность или в выработки, в которых возможно разбавление газовой смеси воздухом до безопасных норм.

Опасные по газу шахты переводятся на, так называемый газовый режим. Этот режим предусматривает проведение комплекса мероприятий по предупреждению воспламенения метана, в частности – применения взрыво- и искробезопасного электрооборудования, предохранительных ВВ и определенных правил ведения взрывных работ, запрещения пользования открытым огнем.

Откатка контактными электровозами разрешается только в шахтах I и II категорий по метану лишь в главных откаточных выработках со свежей струей воздуха.

Для ограничения возможных последствий взрыва метана вентиляционная сеть шахты должна состоять из возможно большего числа независимых участков, а свежие и исходящие струи должны быть надежно разделены. Необходимо также выполнять ряд организационных мер, связанных со своевременным отключением электроэнергии и выводом людей при загазировании выработок, соблюдая выполнения требований плана ликвидации аварий. План ликвидации аварий составляется заблаговременно и с ним ознакамливают всех работающих.

Борьба с суфлярами ведется либо увеличением подачи воздуха в выработки (при небольших суфлярах), либо каптированием газа. Для каптажа суфляра сооружают герметичную камеру у его устья и из нее отводят газ по трубопроводу.

Мероприятия по предупреждению внезапных выбросов угля и газа в основном сводятся к мерам по дегазации пласта, снижению концентрации напряжений в пласте, укреплению забоя и к специальным организационно-техническим мероприятиям.

Снижение концентрации напряжений достигается устранением острых углов в забоях, применением управления кровлей полным обрушением, сотрясательного взрывания, торпедирования пласта.

Организационно-технические мероприятия по борьбе с внезапными выбросами связаны с механизацией добычи на опасных пластах, дистанционным управлением машинами, применением выемки без постоянного присутствия людей в забое, обеспечением рабочих изолирующими самоспасателями, оборудование пунктов с респираторами и др.

4.4 Метанообильность шахт. Деление шахт на категории

Количество выделяющегося в шахте (выработке) метана и опасность шахты по метану характеризуется ее метанообильностью.

Различают абсолютную и относительную метанообильность. Абсолютной метанообильностью называется количество метана, выделяющегося в шахте (выработке) в единицу времени (обычно измеряется в м³/мин). Относительной метанообильностью шахты (выработки) называется общее количество выделившегося в шахте (выработке) метана, отнесенное к 1т добываемого угля.

По относительной метанообильности шахты делятся на четыре категории.

Категории шахт по метану	I	II	III	сверхкатегорные
Относительная метанообильность шахты м ³ /т	до 5	5÷10	10÷15	от 15 и выше или шахты, разрабатывающие опасные пласты, по выбросам и по суфлярам.

Категория шахты устанавливается ежегодно в июне-июле по трем замерам газообильности в начале, середине, и конце месяца, причем каждый из замеров проводится три раза в сутки, по одному в смену. Пробы воздуха набираются на исходящих струях шахты, отдельных пластов и участков в дни нормальной работы. Категория шахты по метану устанавливается по относительной метанообильности наиболее газоносного пласта.

Шахты, в которых выделялся или выделяется метан хотя бы на одном пласте, считаются опасными по газу и должны быть переведены на газовый режим. Для обеспечения безопасных условий работы в газовых шахтах содержание метана в выработках должно быть значительно меньше нижнего предела взрывчатости метановоздушной смеси (5%). Согласно ПБ, концентрация метана в рудничном воздухе не должна превышать следующих пределов:

- исходящая из участка, очистного забоя и подготовительной выработки – 1,0%;
- общая исходящая шахты, крыла – 0,75%;
- поступающая в очистные или подготовительные забои – 0,50%;
- местное скопление в очистных забоях, в подготовительных и других выработках – 2,00%.

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра,1971 (1978).- 376 с.
2. Карпов Е.Ф., Клебанов Ф.С., Фирчанек О.Б. и др. Природные опасности в шахтах, способы их контроля и предотвращения./ Под ред. Ф.С. Клебанова. – М.:Недра, 1981.- 471с.
3. Фролов М.А., Бобров А.И. Суфлярные выделения метана в угольных шахтах.- М.:Недра, 1971.- 160 с.
4. Петросян А.Э., Иванов Б.М., Крупеня В.Г. Теория внезапных выбросов.- М.:Наука, 1983.- 152 с.
5. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328с.
6. Горная энциклопедия / Гл. ред. Е.А. Козловский. Ред. кол.: М.И. Агошков, Н.К. Байбаков, А.С. Болдырев и др.– М.: Сов. Энциклопедия. Т1 Аа-Лав-Геосистема, 1984.- 560 с.
7. Горная энциклопедия. Т. 5 / Гл. ред. Е.А. Козловский. Ред. кол.: М.И. Агошков, Л.К. Антоненко, К.К. Арбиев и др.- М.: Сов.энциклопедия, 1991.- 541 с.
8. Горное дело. Терминологический словарь / Л.И. Барон, Г.П. Демидюк, Г.Д. Лидин и др.- 3-е изд. перераб. и доп.- М.:Недра, 1981.- 479 с.

Лекция № 5

Внезапные выбросы угля и газа в шахтах

5.1 Классификация газодинамических явлений в шахтах.

5.2 Основы теории внезапных выбросов угля и газа.

5.3 Классификация шахтопластов по признаку выбросоопасности.

5.4 Природа локальности выбросоопасности.

Цель изучения темы:

Изучить основы теории внезапных выбросов угля и газа, классификацию газодинамических явлений в шахтах принятую в СНГ, классификацию шахтопластов по признаку выбросоопасности и природу локальности выбросоопасности.

5.1 Классификация газодинамических явлений в шахтах

Газодинамические явления происходят при ведении работ в забоях горных выработок газоносных пластов (пород) и представляют собой быстропротекающее разрушение призабойной части угольного или породного массива, сопровождающееся отбросом или смещением угля (породы) в горную выработку и повышенным газовыделением. К газодинамическим явлениям относят: внезапные выбросы угля и газа (внезапные выдавливания), обрушения (высыпания) угля с попутным газовыделением, внезапные выбросы породы и газа.

Отличительными признаками внезапного выброса угля и газа являются:

- а) отброс угля от забоя на расстояние, превышающее протяженность возможного размещения его под углом естественного откоса;
- б) образование в угольном массиве характерной полости;
- в) смещение угля в выработку;
- г) повышенное, по сравнению с обыкновенным, выделение газа в горную выработку.

Дополнительными признаками внезапных выбросов угля и газа могут быть: повреждение и отброс оборудования, наличие тонкой угольной пыли на откосе выброшенного угля и на крепи.

Внезапные выбросы угля и газа подразделяются на:

- 1) выбросы угля и газа, происшедшие впервые на пластах, ранее считавшихся невыбросоопасными;
- 2) выбросы угля и газа, происшедшие на выбросоопасных пластах, на которых паспортом предусмотрено применение прогноза или способов предотвращения выбросов;
- 3) выбросы угля, происшедшие при производстве сотрясательного взрывания;
- 4) выбросы угля и газа, происшедшие при выемке угля механизмами с дистанционным управлением без прогноза и способов предотвращения выбросов;
- 5) внезапные выдавливания угля с повышенным газовыделением.

Внезапный выброс породы и газа представляет собой газодинамическое явление, возникающее в газоносных породах и характеризующееся быстроразвивающимся разрушением массива с отбросом породы и выделением газа.

Отличительными признаками выброса породы и газа являются:

- а) образование в массиве полости, оконтуренной породой, расщепившейся на тонкие чешуеобразные пластинки;
- б) отброс породы от забоя и дробление значительной ее части до размеров крупнозернистого песка;
- в) повышенное выделение газа в выработку.

5.2 Основы теории внезапных выбросов угля и газа

Внезапный выброс угля и газа представляет собой сложное газодинамическое явление, протекающее в несколько стадий:

- накопление и перераспределение потенциальной энергии упругих деформаций угольного пласта и вмещающих пород, переход угольного пласта в призабойной части в предельно напряженное состояние, повышение трещиноватости, понижение прочности угля и повышение количества свободного газа (подготовительная стадия);
- быстрое разрушение напряженной призабойной части пласта, сопровождающееся трещинообразованием, дроблением угля, интенсивной десорбцией метана, приводящей к увеличению энергии свободного газа;
- лавинно развивающееся разрушение угольного массива под действием горного и газового давления;
- вынос разрушенного угля в потоке расширяющегося газа;
- прекращение процесса разрушения угольного массива и постепенное уменьшение газовыделения.

Внезапному выбросу угля и газа могут предшествовать предупредительные признаки: выдавливание или высыпание угля из забоя; удары или трески различной силы и частоты в массиве; отскакивание кусочков угля и шелушение забоя; уменьшение прочности угля; резкое увеличение газовыделения в выработку; зажатие бурового инструмента, выброс штыба и газа при бурении шпуров (скважин).

5.3 Классификация шахтопластов по признаку выбросоопасности

Шахтопласты подразделяют на выбросоопасные и невыбросоопасные. В отдельных случаях выделяют особо выбросоопасные шахтопласты или участки.

К выбросоопасным относят пласты в пределах шахтного поля, на которых произошли внезапные выбросы угля, породы и газа, или выбросоопасность которых установлена текущим прогнозом. Для условий Донецкого бассейна, при выявлении на пласте опасной зоны, выбросоопасность пласта уточняется экспертной оценкой МакНИИ.

К угрожаяемым относят пласты в пределах шахтного поля с глубин, указанных в табл. 5.1.

Комплексный показатель M рассчитывается:

$$\text{при } V^{\text{daf}}=9\dots 29\% \quad \text{по формуле:} \quad M=V^{\text{daf}}-0,16\cdot y$$

$$\text{при } V^{\text{daf}} \text{ более } 29\% \quad \text{по формуле: } M=[(4\cdot V^{\text{daf}}-91)/(y+2,9)+24],$$

где V^{daf} – весовой выход летучих веществ при термическом разложении углей без доступа воздуха, %;

y – толщина пластического слоя угля при его термическом разложении без доступа воздуха, мм (для углей, не склонных к спеканию $y=0$).

Шахтопласт относят к невыбросоопасным независимо от глубины разработки и природной газоносности, если комплексный показатель степени метаморфизма угля $M>27,7$ или логарифм удельного электросопротивления антрацитов $\lg\rho<3,3$, а так же если для углей конкретной степени метаморфизма природная газоносность или глубина разработки менее значений, указанных в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Выход летучих веществ, $V^{daf}, \%$	Комплексный показатель степени метаморфизма угля, М, у.е.	Природная газоносность пласта, м ³ на 1т. сухой беззольной массы	Глубина, с которой осуществляется прогноз, м
Более 29	26,3...27,7	8 и более	400
	24,5...26,2	9 и более	380
9...29	23,7...27,6	9 и более	380
	17,6...23,6	11 и более	320
	13,5...17,5	12 и более	270
	9,0...13,4	13 и более	230
Менее 9 (но логарифм удельного сопротивления $l_{gp} < 3,3$)	-	15 и более	150

При сбойке горными работами двух шахт, разрабатывающих один и тот же пласт различной степени выбросоопасности (один шахтопласт является выбросоопасным), шахту в целом относят к категории опасных по выбросам угля и газа.

При этажном способе подготовки шахтного поля шахтопласт считают выбросоопасным ниже отметки вентиляционного штрека того горизонта, на котором произошел первый выброс угля и газа, или выбросоопасность которого установлена прогнозом и экспертной оценкой. Если первый выброс или опасная зона имели место на отметке вентиляционного штрека, границу перевода шахтопласта в категорию выбросоопасных переносят на 100 м по восстанию.

При панельном или погоризонтном способах подготовки шахтопласт считают выбросоопасным с изогипсы, проходящей на расстоянии 100м по пласту выше отметки первого выброса угля и газа или опасной зоны, установленной прогнозом и экспертной оценкой.

К особо выбросоопасным относят шахтопласты или участки в зонах активных по выбросам тектонических нарушений, в зонах повышенного горного давления (ПГД), осложненных геологическими нарушениями при переходе створов с краевыми частями целиков или остановленных забоев, на пластах с незащищенной нижней частью этажа.

Перечень и порядок отработки особо выбросоопасных шахтопластов или участков, выбросоопасных, угрожаемых, защитных шахтопластов, выбросоопасных пород, переход створов, необходимость применения методов прогноза или способов предотвращения выбросов, а также места заложения рассечных печей (гезенков) на крутом падении, ежегодно, до утверждения планов развития горных работ, определяет комиссия под председательством технического директора производственного объединения (главного инженера комбината, треста) в составе представителей управления округа Госохрантруда, МакНИИ, бассейнового технологического института и утверждается совместным приказом производственного объединения и управления округа Госохрантруда.

При разработке мероприятий по безопасному ведению работ необходимо предусматривать максимальное использование региональных способов предотвращения выбросов.

5.4 Природа локальности выбросоопасности

Отсутствие существенных различий в свойствах опасных, угрожаемых и неопасных пластов можно объяснить их изменчивостью в пределах одного пласта: часто на одних участках пласта внезапные выбросы происходят, на других - нет. Это обстоятельство заставило в свое время производить сравнение свойств не по пластам, а по участкам.

Опасность или неопасность участков устанавливалась исходя из фактического наличия внезапных выбросов. Такой подход дал положительные результаты: были разработаны и доведены до широкого промышленного внедрения методы разграничения угольных пластов на участки (зоны), опасные и неопасные по внезапным выбросам угля и газа.

На зональный характер распределения внезапных выбросов угля и газа неоднократно указывали многие исследователи.

А.М. Карпов, анализируя распределение внезапных выбросов в шахтах Центрального района Донбасса, пришел к выводу, что внезапные выбросы приурочены к каким-то определенным зонам в пласте и, что за пределами этих зон выбросы не имеют места.

Л.Н. Быков отмечал, что внезапные выбросы угля и газа приурочены либо к зонам геологических нарушений, либо к зонам, лежащим в непосредственной близости от этих нарушений. По мере удаления от мест крупных нарушений выбросы или прекращаются, или значительно ослабевают. Согласно И.М. Печуку, зональность участков, подверженных внезапным выбросам, подтверждается, за небольшим исключением, всей практикой Донбасса.

Изучая геологическое строение угольных пластов, В.В. Эз пришел к выводу, что «внезапные выбросы часто располагаются группами; опасный по выбросам пласт на протяжении нескольких сотен метров и даже сотен километров не дает выбросов, а затем на некотором участке дает несколько выбросов» и, что «ориентировка зон внезапных выбросов достаточно разнообразна и пока не удастся закономерно связать ее с ориентировкой каких-либо элементов геологической структуры».

Такие сведения известны также по угольным бассейнам и месторождениям зарубежных стран. Г. Шпаккелер, анализируя распределение внезапных выбросов в угольных месторождениях Англии, отмечает, что в пределах шахтных полей встречаются местные, ограниченные участки поля, на которых происходят сильные внезапные выбросы. В Льежском бассейне в Бельгии пласты, подверженные внезапным выбросам, часто обладают этой особенностью только в пределах определенного периметра, за пределами которого утрачивают ее.

Литература

1. Карпов Е.Ф., Клебанов Ф.С., Фирчанек О.Б. и др. Природные опасности в шахтах, способы их контроля и предотвращения./ Под ред. Ф.С. Клебанова.- М.:Нед-ра, 1981.- 471с.
2. Петросян А.Э., Иванов Б.М., Крупеня В.Г. Теория внезапных выбросов.- М.:Наука,1983.- 152 с.
3. Ходот В.В. Внезапные выбросы угля и газа. Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу.- М., 1961.- 363 с.

Лекция № 6

Борьба с выбросами угля и газа в шахтах

6.1 Общие положения.

6.2 Отработка защитных пластов.

6.3 Применение гидрорыхления угольного пласта.

6.4 Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива.

6.5 Применение разгрузочных пазов.

6.6 Предотвращение выбросов угля и газа при механизированном проведении подготовительных выработок.

6.7 Способы вскрытия выбросоопасных пластов.

Цель изучения темы:

Изучение технологии мер борьбы с внезапными выбросами угля и газа при производстве различных видов горных работ.

6.1 Общие положения

В результате совокупного действия горного давления и давления газа в призабойной части угольного пласта формируется выбросоопасная ситуация, которая характеризуется состоянием неустойчивого соотношения сил, развязывающих внезапный выброс, и сил, препятствующих возникновению внезапного выброса.

Для ликвидации выбросоопасной ситуации достаточно выполнить одно из следующих условий:

- уменьшить напряженное состояние угольного массива (снизить коэффициент концентрации напряжений в призабойной зоне) до величины, при которой невозможно его быстрое разрушение, а также увеличить расстояние от забоя до зоны максимальных напряжений, чтобы технологический процесс выемки угля выполнялся в пределах этой зоны;
- снизить давление газа в пласте (уменьшить газоносность пласта) до величины, при которой работы расширяющегося газа было бы недостаточно для дробления и выноса разрушенного угля в горную выработку;
- изменить свойства пласта, от которых зависит формирование выбросоопасной ситуации: повысить пластические свойства угля, увеличить или уменьшить газопроницаемость пласта.

На этих основных положениях базируются способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа. Каждый из применяемых способов направлен на изменение какого – либо одного из факторов формирования выбросоопасной ситуации. Но, поскольку действие этих факторов является совокупным и взаимосвязанным, изменение одного фактора, на который оказывается действие, должно повлечь за собой изменение других факторов. Зональный характер потенциальной выбросоопасности угольных пластов и очаговый характер проявления внезапных выбросов предопределили принципиальные схемы способов предотвращения внезапных выбросов. Способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа принято разделять по масштабам или площади обработки угольного пласта на две группы – региональные и локальные способы.

Региональные способы

Заблаговременные региональные способы:

- разработка защитных пластов (подработка опасных пластов, надработка опасных пластов, применение локальной защиты);
- взрывание зарядов большой мощности в специальных скважинах и в горных выработках;
- гидравлическое расчленение угольных пластов через скважины с поверхности (с последующей дегазацией и физико-химической обработкой).

Опережающие региональные способы:

- дегазация пластов через длинные скважины (восходящими скважинами, нисходящими скважинами, пересекающими скважинами);
- низконапорное увлажнение угольных пластов через длинные скважины;
- физико-химическая обработка угольного массива (пластифицирующими растворами, раствором соляной кислоты, упрочняющими составами).

Локальные способы:

- локальные способы, выполняемые за зоной максимальных напряжений;
- низконапорное увлажнение пласта через скважины, пробуренные из забоя; нагнетание воды в пласт в режиме рыхления;
- применение разгрузочно-дегазационных скважин;
- образование опережающих полостей;
- торпедирование угольного массива;
- локальные способы, выполняемые до зоны максимальных напряжений;
- образование разгрузочных пазов в угольном пласте;
- образование разгрузочных щелей в породах кровли или почвы;
- гидроотжим угольного пласта.

6.2 Отработка защитных пластов

Действие способа заключается в снижении величины напряженного состояния угольного пласта и горных пород, их упругом восстановлении и, как следствие, в выравнивании поля напряжений. В результате изменяются механические свойства пород, раскрываются трещины, повышается газопроницаемость угольного массива и горных пород, и создаются благоприятные условия для дегазации выбросоопасных пластов. Дегазация может осуществляться естественным путем через трещины в горных породах с выходом газа в горные выработки соседних пластов или через горные выработки разрабатываемого выбросоопасного пласта. В случае недостаточной эффективности защитного действия по фактору напряженного состояния защитный эффект может быть усилен путем применения искусственной дегазации скважинами.

Повышают эффект защитного действия следующие факторы: достаточно большая мощность защитного пласта, наличие в междупластье слабых пород, способных к расслоению на пласты небольшой мощности, склонность пород к трещинообразованию при деформациях упругого восстановления или прогиба. Снижают эффект защитного действия: малая мощность защитного пласта, управление кровлей на защитном пласте путем закладки выработанного пространства, экранирующее действие монолитных слоев прочных пород большой мощности в междупластье.

6.3 Применение гидрорыхления угольного пласта

Применение локальной обработки выбросоопасного пласта в режиме рыхления имеет целью нарушение структуры пласта под действием воды, нагнетаемой под высоким давлением.

Гидрообработка пласта идет через ряд скважин, пробуренных на зону максимальных напряжений таким образом, чтобы обработанная призабойная зона пласта была непрерывной и имела ширину, достаточную для выполнения нескольких технологических циклов, а также для неснижаемого опережения. В обработанной зоне снижается величина напряжений, увеличивается расстояние от забоя до зоны максимальных напряжений. Свободный газ вытесняется вследствие поршневого действия воды. Гидравлическое рыхление воздействует, главным образом, на изменение структуры и выравнивание напряженно-деформированного состояния пласта. Одновременно изменяется режим газовыделения.

Основными условиями применения гидрорыхления являются такие природные характеристики пласта, которые обеспечивают интенсивное поступление воды в угольный массив и равномерное ее распределение в пласте или в отдельных пачках, а также невозможность ее неожиданного прорыва через герметизатор или слабую пачку угля. Угольный массив считается обработанным, когда установится фильтрация воды, а затем и газа через угольный массив в призабойное пространство подготовительной или очистной выработки.

6.4 Бурение опережающих скважин, образование полостей и торпедирование угольного массива

Скважины, пробуренные из очистных и подготовительных забоев, предназначены для дегазации призабойной части пласта при свободном истечении газа. Для повышения эффективности дегазирующего действия они бурятся увеличенного диаметра с таким расчетом, чтобы образовалась разгруженная зона, позволяющая увеличить радиус дегазирующего влияния скважины. Поэтому скважины, пробуренные из очистных и подготовительных забоев, по существу являются разгрузочно-дегазационными скважинами.

Особенность работы разгрузочно-дегазационных скважин в призабойной области, где действуют технологические условия выбросоопасности, заключается в том, что скважины пересекают зоны с различным напряженным состоянием и, следовательно, с различной газопроницаемостью, поэтому газовыделение по длине скважин неравномерно. Основным условием применения разгрузочных дегазационных скважин является их расположение на расстоянии друг от друга, не превышающем радиуса эффективного влияния одной скважины, чтобы в плоскости пласта была образована непрерывная обработанная призабойная зона пласта. Разгружающее и дегазирующее влияние скважин проявляется не сразу, но достаточно быстро, чтобы к началу выполнения технологического цикла угольный массив оказался обработанным.

По механизму воздействия на призабойную часть угольного массива образования опережающих полостей относятся к разгрузочно-дегазационным скважинам, хотя технология бурения скважин и образования полостей различна. Полости применяются только в подготовительных забоях по технологическим соображениям. Полости, также как и скважины, пересекают разгруженную зону

угольного пласта, затем зону максимальных напряжений и внедряются в угольный массив, где напряженное состояние снижается до уровня природных напряжений.

Торпедирование является способом рыхления угольного массива впереди забоев очистных и подготовительных выработок взрывными работами. Целью торпедирования являются нарушение природной структуры пласта энергией взрыва, изменение напряженно-деформированного состояния и, как следствие этого, изменение газовой обстановки. После торпедирования уголь в забое может выниматься одним из известных способов: выемочной или проходческой машиной, отбойным молотком, буровзрывным способом. В настоящее время торпедирование имеет ограниченное применение.

Локальная разгрузка призабойной части угольного массива в целях предотвращения формирования выбросоопасной ситуации непосредственно перед выполнением технологического цикла может осуществляться путем образования разгружающих щелей во вмещающих породах или в угольном пласте. Щели должны располагаться на участке между забоем и зоной максимальных напряжений, поэтому глубина обработки пласта, как правило, равна ширине одного-двух технологических циклов с учетом неснижаемого опережения.

Назначением щелей является управляемое изменение напряженно-деформированного состояния, физико-механических свойств и газовой динамики призабойной части пласта путем регулирования скорости образования щели. Равномерность изменения перечисленных факторов обеспечивается непрерывностью обработки призабойной зоны. Сущность механизма воздействия разгружающих щелей заключается в высвобождении потенциальной энергии, которая реализуется в упругих деформациях пласта и пород в процессе образования щели.

На принципе образования разгрузочных щелей применяются следующие практические способы:

- образование щелей в породах кровли или почвы;
- образование щелей в угольном массиве.

В боковых породах щели образуются при проведении подготовительных выработок. Для этой цели используется либо исполнительный орган проходческого комбайна, либо специальная щеленарезная машина. При этом расстояние между щелью и пластом должно быть не больше того расстояния, которое обеспечивает разгрузку призабойной части пласта на заданную глубину. В угольном массиве щель образуется в очистных выработках при помощи врубовой машины перед выемкой угля комбайном.

Основным преимуществом борьбы с внезапными выбросами при помощи разгрузочных щелей является технологичность этого способа, включение работ по предотвращению выбросов в технологический цикл.

6.5 Применение разгрузочных пазов

Пазы предназначены для разгрузки призабойной части угольного массива в наиболее напряженных и опасных пунктах очистных и подготовительных забоев. Паз образуется таким образом, чтобы его плоскость была перпендикулярна к плоскости пласта. Следовательно, разгрузка пласта и деформация угольного массива происходят в направлении плоскости пласта, а не в перпендикулярном направлении, как это имеет место при применении разгрузочных щелей. Пазы располагают, как правило, в углах и кутках выработок, уступов, ниш. В виду того что пазы образуются в наиболее напряженных местах выработок, существует опасность динамической

реакции пласта на внедрение инструмента во время образования паза. Поэтому глубина и ширина паза ограничиваются.

Основное влияние пазов сказывается на изменении распределения напряжений в призабойной области за счет упругих деформаций. Область пластических деформаций около паза небольшая, поэтому влияние пазов на газовыделение сравнительно невелико. В виду того что геометрические параметры пазов ограничены, величина неснижаемого опережения, которая является резервом безопасности, мала. Это требует особенно строгого соблюдения технологических параметров и тщательного контроля за формированием выбросоопасной ситуации в забоях.

6.6 Предотвращение выбросов угля и газа при механизированном проведении подготовительных выработок

Исследование основных факторов, определяющих выбросоопасность пласта при проведении выработок различными способами, а также изучение существующих типов проходческих комбайнов позволили определить основные направления конструктивного изменения этих комбайнов для более полного их использования в разнообразных условиях выбросоопасных пластов.

Основные конструктивные требования, предъявляемые к проходческим комбайнам, заключаются в следующем:

- должна обеспечиваться непрерывность подачи и равномерность хода;
- рабочий орган должен служить защитным перекрытием;
- желательно, чтобы проводимая выработка имела сводчатое или круглое сечение;
- комбайн должен иметь автоматическое регулирование скорости подачи и резания в зависимости от крепости угля;
- должно иметься устройство для распора комбайна, предотвращающее его смещение при внезапном выбросе;
- комбайн должен быть универсальным: обеспечивать проведение выработок различного сечения, иметь приспособления для осуществления мер по борьбе с внезапными выбросами и должна быть предусмотрена возможность установки навесного крепеукладчика;
- конструкция комбайна должна позволять применять автоматическую газовую защиту и быстродействующее опережающее отключение электрических цепей.

Для повышения средних темпов подвигания подготовительных забоев необходимо, чтобы способы борьбы с внезапными выбросами (помимо их надежности и эффективности) отвечали следующим требованиям: их разгружающее и дегазирующее действие должно проявляться в возможно более короткий срок, время на профилактическую обработку массива должно быть минимальным. Исходя из этих требований, лучшим вариантом является тот, при котором профилактика выбросов осуществляется одновременно с проведением выработки.

С позиций применимости на выбросоопасных пластах проходческие комбайны целесообразно делить по форме сечения проводимой выработки и по способу, каким исполнительный орган машины обрабатывает поверхность забоя. По последнему признаку можно выделить:

- комбайны, исполнительный орган которых обрабатывает забой одновременно на полное сечение проводимой выработки;

- комбайны, исполнительный орган которых обрабатывает поверхность забоя по частям.

Между этими двумя группами имеется существенное различие. При обработке забоя на полное сечение вся машина, либо ее подвижная часть непрерывно подается на забой. При обработке же забоя по частям сама машина стоит на месте, а ее исполнительный орган, занимающий небольшую часть сечения выработки, перемещается на поверхности забоя.

Проходческие комбайны, работающие на полное сечение выработки, в силу своих конструктивных особенностей имеют ряд недостатков. Исполнительный орган и сама машина, занимающие все сечение выработки, преграждают доступ к забою, и возводить крепь можно только позади машины. С другой стороны, комбайны этого типа проще раскрепить между стенками выработки, например, для восприятия реакции рабочего органа или для регулирования усилия подачи на забой при работе в различных неблагоприятных условиях.

У комбайнов, обрабатывающих забой по частям, отсутствуют указанные недостатки, однако, при необходимости дополнительного раскрепления машины для повышения устойчивости сделать это затруднительно из-за большого расстояния между машиной и стенками выработки.

Известно, что выбросоопасные пласты отличаются сложностью строения, что вынуждает производить отдельную выемку отдельных пачек или прослойков. Для подобных условий наиболее приемлем комбайн с исполнительным органом, находящимся на стреле (обработка забоя по частям). Режущая головка исполнительного органа при помощи стрелы может перемещаться в плоскости забоя во всех направлениях. Такой исполнительный орган позволяет вести отдельную выемку угля в сложных горно-геологических условиях с минимальным отставанием крепления от забоя.

6.7 Способы вскрытия выбросоопасных пластов

Вскрытие угольных пластов должно производиться с применением способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа с учетом обработки четырехметровой зоны за контуром вскрываемой выработки, а также мероприятий по обеспечению безопасности рабочих.

В случае, если перед вскрытием пластов прогнозом установлены неопасные значения показателей выбросоопасности:

- выбросоопасные и угрожаемые пласты могут быть вскрыты с помощью взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания без применения способов предотвращения внезапных выбросов;
- невыбросоопасные пласты могут быть вскрыты с помощью взрывных работ в режиме, установленном для сверхкатегорных по газу шахт, без применения способов предотвращения внезапных выбросов.

Если прогноз выбросоопасности перед вскрытием не осуществляется:

- выбросоопасные и угрожаемые пласты должны вскрываться с применением способов предотвращения внезапных выбросов и мероприятий по обеспечению безопасности рабочих;
- невыбросоопасные пласты могут быть вскрыты с помощью взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания без применения способов предотвращения внезапных выбросов.

Работы по вскрытию пластов производятся в следующей последовательности:

- приближение забоя выработки к пласту;
- обнажение пласта;
- пересечение пласта;
- удаление (отход) от пласта.

При вскрытии квершлагами тонких крутых пластов обнажение и пересечение пласта должны производиться за одно взрывание.

При приближении забоя выработки к пласту производится его доразведка и определение выбросоопасности. Способы предотвращения внезапных выбросов применяются при обнажении и пересечении пласта.

Вскрытие пропластков мощностью 0,1-0,3м производится в режиме сотрясательного взрывания без применения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения выбросов. При мощности тонких пропластков более 0,3м вскрытие производится с соблюдением требований, предъявляемых к угольным пластам, склонным к внезапным выбросам угля и газа.

Литература

1. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа.- МУП СССР.- М., 1989.- 191 с.
2. Карагодин Л.Н., Розанцев Е.С. Способы борьбы с внезапными выбросами угля и газа.- М.:Недра, 1973.- 208с.
3. Чернов О.И., Розанцев Е.С. Предупреждение внезапных выбросов угля и газа в угольных шахтах.- М.:Недра, 1965.- 211 с.
4. Волошин Н.Е. Внезапные выбросы и способы борьбы с ними в угольных шахтах.- К.:Техніка, 1985.- 127 с.
5. Карагодин Л.Н., Чернов О.И., Розанцев Е.С. Вскрытие выбросо-опасных пластов.- М.:Недра, 1968.- 91 с.

Лекция № 7

Борьба с метаном методами дегазации

- 7.1 Классификация методов дегазации.
- 7.2 Дегазация разрабатываемого пласта скважинами.
- 7.3 Дегазация пластов гидроразрывом и гидрорасчленением.
- 7.4 Способы дегазации спутников(сближенных пластов).
- 7.5 Дегазация выработанных пространств.
- 7.6 Эффективность дегазации.

Цель изучения темы:

Изучение методов дегазации угольных пластов, как средства по снижению метанообильности горных выработок.

7.1 Классификация методов дегазации

Дегазация шахт – совокупность мероприятий, направленных на извлечение и улавливание метана, выделяющегося из различных источников с изолированным отводом его на поверхность (каптаж), а также предусматривающих физическое или химическое связывание метана до поступления его в горные выработки.

Существующие способы дегазации по принципу воздействия на метаноносную толщу разделены на три группы: физический принцип, физико-химический и биохимический. В пределах каждой группы способы дегазации отличаются методом воздействия на метаноносные угольные пласты и породы. Физический принцип дегазации характеризуется тем, что изменение физико-механических свойств угля и пород вызывается приложением механической энергии. Наибольшее воздействие достигается подработкой и надработкой угленосной толщи, приводящей к повышению газопроницаемости угольных пластов и вмещающих пород. На использовании этого принципа построены основные способы дегазации угольных пластов и пород. К физическому принципу дегазации отнесены способы дегазации, в которых используется эффект частичной разгрузки от горного давления под влиянием горной выработки или скважины. После выемки угольного пласта образуется выработанное пространство, заполненное обрушившимися породами или закладочным материалом, и являющееся вторичным источником газовыделения. Способы дегазации выработанных пространств основаны на физическом принципе. Для повышения газопроницаемости угольных пластов и вмещающих пород может использоваться энергия давления воды.

При физико-химическом воздействии на угольный пласт активизация газовыделения из скважин достигается путем повышения газопроницаемости пласта или блокирования газопроводящих каналов в пласте с повышением остаточной газоносности угля, выдаваемого из шахты. Способы дегазации, основанные на этом принципе, еще не нашли промышленного применения.

При биохимическом принципе дегазации в дегазируемый массив угля вносятся окисляющие метан микроорганизмы с питательной средой.

Из принципиально возможных способов дегазации, не охваченных указанной классификацией и требующих поисковых разработок, следует указать способы, основанные на применении разрушающего действия обычных ВВ и специальных

методов взрывания (например, электрогидравлическое), а также основанные на тепловом воздействии на угольные пласты.

7.2 Дегазация разрабатываемого пласта скважинами

Дегазация разрабатываемых угольных пластов скважинами, пробуренными из подготовительных выработок, осуществляется при подготовке пластов к выемке. Этот способ дегазации применяется как при столбовых, так и при сплошных системах разработки, если в последнем случае имеется достаточное опережение подготовительной выработки относительно лавы.

При дегазации разрабатываемых пластов скважинами, пробуренными из выработок, скважины бурятся в плоскости пласта по восстанию, простиранию, падению или под углом к линии простирания, а также их сочетания или через породную толщу вкрест простирания пласта.

Схемы дегазации с бурением скважин по пласту можно применять при любых значениях мощности и угла падения пласта. Бурение скважин через породную толщу применяется, преимущественно, при отработке крутых мощных пластов.

При длине лавы более 200 м или в случае, когда не удастся пробурить скважины на всю ширину столба, применяются схемы дегазации, предусматривающие бурение скважин из двух выработок. Нисходящие скважины эффективны только при достаточно хорошем их осушении. Предварительная дегазация пласта должна осуществляться не менее 6 месяцев восходящими (горизонтальными) скважинами и не менее 12 месяцев — нисходящими. Параметры дегазационных скважин рассчитываются в зависимости от условий залегания пласта и расположения горных выработок

7.4 Дегазация пластов гидроразрывом и гидрорасчленением

Дегазация с предварительным гидроразрывом пластов применяется на участках с целью повышения эффективности дегазации или сокращения ее сроков до 4 месяцев для восстающих и горизонтальных и до 8 месяцев — для нисходящих скважин.

Подземные скважины для гидроразрыва бурят по двум основным схемам: из полевых выработок — при полевой подготовке, по разрабатываемому пласту — при пластовой подготовке. При этом скважины для гидроразрыва можно бурить восстающими, нисходящими или горизонтальными.

В том случае, когда выработка проведена с подрывкой почвы пласта, скважины гидроразрыва целесообразно бурить на пласт с таким расчетом, чтобы устье скважины находилось в породах почвы.

При бурении скважин по пласту их длина должна быть на 30-40 м меньше длины лавы, если дегазация осуществляется только для очистных выработок, и на 10÷20 м меньше длины лавы, если дегазация осуществляется как для очистных, так и для подготовительных выработок. Расстояние между скважинами гидроразрыва определяется опытным путем (обычно 80÷100 м), глубина герметизации должна быть не менее половины расстояния между скважинами гидроразрыва.

Гидроразрыв пласта осуществляется водой, нагнетаемой под давлением не менее 15÷20 МПа (150÷200 кгс/см²). Темп закачки не менее 30÷40 м³/ч.

Подготовка и проведение гидроразрыва из выработок включают измерение дебита метана из скважин после гидроразрыва пласта, опробование насоса и

электродвигателя до подключения к скважине (без нагрузки), опрессовку нагнетательного става и насоса до давления 20 МПа (200 кгс/см²), включение в работу насоса, контроль за давлением на насосе и расходом воды.

Гидроразрыв пласта прекращают после закачки в пласт заданного объема жидкости или появления воды в соседних скважинах (прилегающих выработках), а также при резком падении давления на насосе. Скважины гидроразрыва подключаются к вакуумной сети после прекращения обильного выделения воды. Пластовые дегазационные скважины бурятся после проведения гидроразрыва.

Гидрорасчленение скважинами, пробуренными с поверхности, предназначено для заблаговременной дегазации угольных пластов, когда минимальный срок дегазации более 3 лет. Расчленению подвергаются пласты, залегающие в водонепроницаемых породах не ниже средней устойчивости. Скважины гидрорасчленения бурят с конечным диаметром не менее 100 мм на 30÷40 м ниже почвы последнего в свите пласта. Расчленение угольных пластов в свите производят последовательно, начиная с нижнего пласта. В качестве рабочей жидкости используют водные растворы поверхностно-активных веществ, например, смачивателя ДБ или синтанола ДС-10 в количестве 0,1÷0,2 кг на 1 м³ воды, а также смесей полиэтиленгликолевых эфиров с метиловым спиртом в отношении 3:2, и химически активных веществ – 2 + 4% растворы соляной кислоты. Солянокислотная обработка угольного массива производится на пластах с содержанием карбонатов не менее 0,3%.

После гидрорасчленения скважины закрывают на 3-6 месяцев для выдержки рабочей жидкости в пласте. Затем удаляют рабочую жидкость. При необходимости скважины гидрорасчленения используются для дегазации выработанного пространства путем перфорации обсадной колонны по мощности основной кровли и подключения скважин к вакуумной линии.

7.4. Способы дегазации спутников (сближенных пластов)

Дегазация подрабатываемых пологих и наклонных пластов скважинами из выработок применяется при наличии газоносных пластов и пород в зоне разгрузки отрабатываемого пласта выше зоны беспорядочного обрушения.

Параметры бурения скважин следует выбирать так, чтобы скважины пересекали в зоне разгрузки наиболее мощный из подрабатываемых пластов, расположенный не далее 60 м по нормали от разрабатываемого.

При вынимаемой мощности пласта до 2 м, если в интервале $15 \cdot m < M < 30$ м подрабатываемых угольных пластов нет, то скважины следует бурить до пересечения ближайшего подрабатываемого пласта или контакта с крепким породным слоем.

Схемы дегазации подрабатываемых пластов различаются по расположению скважин относительно горных выработок. Каждая схема может иметь несколько вариантов, отличающихся условиями ее применения и эффективностью дегазации. Для увеличения срока действия скважин их можно оставлять в выработанном пространстве подключенными к газопроводу, приняв меры по охране устьев скважин и трубопровода.

В период первичной посадки основной кровли при отходе забоя лавы от разрезной печи рекомендуется дополнительно бурить скважины из подготовительной выработки под охраной угольных целиков угля до подрабатываемых пластов.

Дегазацию скважинами с поверхности рекомендуется осуществлять при глубине разработки до 600 м, если подземные скважины недостаточно эффективны, а условия поверхности позволяют разместить буровое и дегазационное оборудование. Место заложения скважины на поверхности следует выбирать так, чтобы к моменту окончания бурения проекция ее забоя на разрабатываемый пласт находилась на расстоянии не менее 30 м впереди очистного забоя и на удалении от вентиляционной выработки не свыше половины длины лавы. Первая скважина должна располагаться на расстоянии 30÷40 м от разрезной печи (монтажной камеры).

Глубина скважины должна быть такой, чтобы расстояние между ее забоем и кровлей вынимаемого пласта равнялось десяти его мощностям.

Скважина обсаживается трубами, затрубное пространство тампонируется цементным раствором на глубину не менее 50 м, тампонирующее также производится в местах пересечения водоносных горизонтов и выработанных пространств. Нижняя часть обсадной трубы перфорируется отверстиями диаметром 10÷15 мм, 20 отверстий на 1 м трубы. Конец неперфорированной части обсадной колонны должен располагаться от кровли вынимаемого пласта на расстоянии не менее 30 его мощностей. При наличии крепких пород нижнюю часть скважины на этом расстоянии от забоя скважины не обсаживают.

После окончания бурения скважины должны быть промыты водой для удаления из них шлама. В момент прохода лавы под скважиной она должна быть подключена к вакуум-наосу. Величина разрежения, создаваемая в скважинах, не менее 150 мм рт. ст. Конечный диаметр скважин и расстояние между ними определяются в зависимости от газоносности подрабатываемых пластов и необходимой эффективности их дегазации.

Дегазация надрабатываемых пластов осуществляется скважинами, пробуренными из выработок разрабатываемого пласта или выработок, проведенных в почве пласта.

Во всех случаях предпочтение следует отдавать восстающим скважинам, так как в нисходящих скважинах скапливается вода, что снижает их эффективность.

7.5. Дегазация выработанных пространств

Дегазация выработанных пространств скважинами практически не отличается от дегазации подрабатываемых сближенных пластов. Отличие состоит в том, что при дегазации выработанных пространств скважины располагают в зоне беспорядочного обрушения пород или вблизи этой зоны.

Широкое распространение для ликвидации опасных местных скоплений метана при выемке угольных пластов нашел изолированный отвод метана из выработанных пространств с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов).

Метан, отводимый за пределы выемочных участков, выпускается в выработку с исходящей вентиляционной струей после предварительного разбавления его воздухом в смесительной камере до норм ПБ.

В качестве источника тяги могут быть использованы эжекторы и газоотсасывающие вентиляторы, в которых исключена возможность воспламенения метана при ударах и трении вращающихся частей о корпус вентилятора. Электрический привод вентилятора должен омываться свежим воздухом.

Отвод метана из выработанного пространства при столбовой системе разработки с помощью газоотсасывающей установки производится по жесткому

трубопроводу диаметром 0,5 – 0,9 м. Погашаемый тупик, длина которого не должна превышать 6 м, отделяется от выработки дощатой перемычкой, обитой материалом из вентиляционных труб.

7.6 Эффективность дегазации

Эффективность дегазации оценивается коэффициентом дегазации, равным отношению величины снижения газообильности горной выработки за счет дегазации к газообильности выработки без применения дегазации:

$$K_d = \frac{I - I'}{I}, \quad (7.1)$$

где K_d – коэффициент дегазации, доли ед.;

I – метановыделение в выработку без применения дегазации, м³/мин;

I' – метановыделение в выработку при применении дегазации, м³/мин.

Литература

2. Руководство по дегазации угольных шахт.- М.:Нед-ра,1975.- 189 с.
3. Савенко Л.В., Озеркин М.И. Дегазация спутников угольных пластов.- К.:Гос. изд-во техн. лит., 1963.- 130с.
4. Морев А.М., Евсеев И.И. Дегазация сближенных пластов.- М.:Недра, 1975.- 168 с.
5. Ножкин Н.В. Заблаговременная дегазация угольных месторождений.- М.:Недра, 1979.- 271 с.
6. Васючков Ю.В. Физико-химические способы дегазации угольных пластов.- М.:Недра, 1986.- 255 с.

Лекция № 8

Рудничная пыль

8.1 Общие сведения.

8.2 Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли.

8.3 Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли.

8.4 Особенности взрывов угольной пыли в шахтах.

8.5 Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим).

Цель изучения темы:

Изучение горючих и взрывчатых свойств угольной пыли. Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли. Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах, пылевой режим.

8.1 Общие сведения

Взвешенную в воздухе рудничную пыль называют аэрозолем. Аэрозоль состоит из мелких горючих и энергично окисляющихся с выделением тепла частиц. При определенных концентрациях и температурах он может воспламениться и взрываться, вследствие большой поверхности соприкосновения тонко дисперсированной пыли с кислородом и активного его поглощения. Кроме того, пыль, содержащая углеводороды, в случае нагревания выделяет горючие газы. Облако пыли, нагретое в одной точке до определенной температуры, быстро воспламеняется во всем объеме ее нахождения. Это горение может превратиться во взрыв.

8.2 Горючие и взрывчатые свойства угольной пыли

Установлено, что:

- пыль может взрываться при полном отсутствии метана;
- пыль может превратить взрыв небольшого количества метана во взрыв большой силы;
- присутствие в воздухе тонкой и сухой угольной пыли снижает нижний предел взрывчатости смеси метана с воздухом; смесь становится взрывчатой при содержании метана меньше 5%;
- при участии угольной пыли во взрыве продукты его всегда содержат большое количество окиси углерода, которая может явиться причиной гибели людей.

Процесс горения аэрозолей несколько отличен от процесса горения газовых смесей, но между ними есть и много общего.

Температура воспламенения угольной пыли составляет $700 \div 800^{\circ}\text{C}$, а метановоздушной смеси – $650 \div 750^{\circ}\text{C}$.

Взрыв угольной пыли имеет ряд особенностей:

- взрыв пылевого облака обуславливается степенью дисперсности пыли, ее способностью к агрегации, содержанием влаги, геометрией пространства, мощностью источника воспламенения;
- химический состав пыли обуславливает выход летучих продуктов, которые принимают участие во взрыве;
- взрыву предшествует накопление тепла в результате реакции окисления и образование газообразных продуктов;

- облако угольной пыли способно самовозгораться электричеством вследствие трения пылинок друг о друга, а при благоприятных условиях – разряжаться с появлением искр, которые могут воспламенить пыль;
- при взрыве пыли всегда образуется много окиси углерода, в то время как при взрыве метана образуется преимущественно углекислый газ.

8.3 Факторы, оказывающие влияние на взрывчатость угольной пыли

Химический состав пыли. Одним из основных факторов, характеризующих склонность пыли к взрыву, является выход летучих веществ при термическом разложении угля без доступа воздуха.

Главными компонентами в составе летучих веществ, обуславливающими взрывчатость пыли, являются смолистые соединения и тяжелые углеводороды. Основными горючими составляющими летучих веществ являются метан, водород, окись углерода, углекислый газ, этан, тяжелые углеводороды и др.

Нижний предел взрывчатости смеси газообразных продуктов термического разложения угля практически постоянен и равен 4,2%. Взрывчатость обуславливается одновременным влиянием всех горючих компонентов. Степень взрывчатости пыли может характеризоваться давлением в месте взрыва. Увеличение выхода горючих веществ (V^{daf}) обуславливает возрастание давления взрыва. Угольная пыль подразделяется на слабовзрывчатую ($V^{daf} < 15\%$) и сильновзрывчатую ($V^{daf} > 15\%$).

Дисперсность пыли. Дисперсный состав пыли является существенным фактором, определяющим ее взрывчатость. При больших размерах частиц пыли наблюдается почти линейный рост силы взрыва с увеличением дисперсности или удельной поверхности пыли.

Однако, это возрастание, начиная с частиц диаметром 100 мк, продолжается значительно медленнее. Сила взрыва в отдельных случаях достигает максимума при диаметре частиц около 10 мк. Взрывчатость угольной пыли растет с увеличением степени ее измельчения, и поэтому в шахте по мере удаления от источника пылеобразования она становится потенциально более взрывоопасной.

Состав атмосферы. Существенное значение имеет состав среды, в которой происходит взрыв. Если в шахтной атмосфере содержится метан, взрыв возможен при более низких концентрациях пыли. Установлено, что нижний предел взрываемости сильновзрывчатой пыли равен $17 \div 18 \text{ г/м}^3$, а в присутствии 2,5% метана он понижается до $5 \div 6 \text{ г/м}^3$. Верхний предел взрывчатости, по данным МакНИИ, составляет $300 \div 400 \text{ г/м}^3$.

Влажность пыли. Фактор влажности играет существенную роль при оценке взрывчатости пыли. Влага действует как инертная добавка.

Так как теплоемкость воды больше теплоемкости инертной пыли, то с учетом теплоты испарения вода поглощает тепла в 5 раз больше, чем инертная пыль. Взвешенная в шахтном воздухе пыль с любым содержанием влаги при наличии мощного источника воспламенения может взорваться. Основным фактором в защитном действии влаги от взрыва является связывание осевшей пыли на почве и боковых поверхностях горных выработок.

Зольность пыли. Наличие золы снижает взрывчатость угольной пыли, поскольку часть образующегося тепла расходуется на нагрев частичек инертной пыли, что приводит к снижению температуры аэрозоля.

Естественное содержание золы в угле обычно недостаточно, чтобы предупредить

взрыв. Поэтому применяют искусственное озоление пыли в выработках – осланцевание.

8.4 Особенности взрывов угольной пыли в шахтах

Взрыв угольной пыли имеет ряд особенностей. В зависимости от скорости распространения фронта пламени и движения газообразных продуктов различают:

- воспламенение – спокойное сгорание пыли; оно происходит в случаях недостаточного содержания кислорода в пылевоздушной смеси;
- вспышка с давлением до 2 атмосфер и скоростью горения от 4 до 10 м/сек;
- взрыв со скоростью горения более 100 м/сек;
- детонация со скоростью распространения фронта пламени более 1000 м/сек.

В шахте нет условий для протекания взрывов угольной пыли типа детонации. Взрывчатая пылевоздушная среда в выработках шахт образуется постепенно, по мере развития взрыва. Поэтому взрыв угольной пыли в шахте относят к типу дефляграции (выгорания).

При воспламенении угольной пыли и распространении горения по выработке впереди пламени со скоростью звука распространяется волна сжатия, давление позади этой волны превышает начальное и воздух движется со скоростью 30 м/сек. Ударная волна поднимает находящуюся на стенках выработки пыль и создает на всем протяжении выработки между пламенем и волной сжатия взрывчатую пылевоздушную среду, в которой и распространяется пламя.

Распространение взрыва замедляется при наличии препятствий, мешающих движению воздуха в выработке - изгибов, тупиков, уменьшения сечения выработки. Увеличение сечения выработок увеличивает интенсивность взрыва.

Взрыв угольной пыли в шахте можно рассматривать как итог последовательно происходящих явлений:

- приведение пыли во взвешенное состояние;
- появление источника тепла;
- воспламенение пыли и передача тепла от слоя горячей пыли следующим слоям.

Образование взрывчатой пылевоздушной среды зависит от давления при начальном взрыве, так как под действием этого давления резко увеличивается скорость движения воздуха, что, в свою очередь, сопровождается более интенсивным взвихриванием пыли. Основными факторами, от которых зависит воспламенение и горение угольной пыли при взрыве, являются температура среды и наличие кислорода в ней. Обычно при взрыве сгорают только тонкие фракции пыли, горение более крупных частиц после израсходования кислорода переходит в тление. Температура горения зависит от теплоты сгорания пыли и теплоемкости аэрозоля.

8.5 Основные меры борьбы со взрывами угольной пыли в шахтах (пылевой режим)

Относятся все мероприятия, направленные на снижение запыленности воздуха:

- применение механизмов, при работе которых пылеобразование является наименьшим;
- предварительное увлажнение пластов;

- орошение мест пылеобразования и осевшей пыли;
- эффективное проветривание;
- периодическая очистка от пыли откаточных и вентиляционных выработок (3-4 раза в год);
- расположение скиповых подъемов в стволах с исходящей струей воздуха;
- расположение сортировок и фабрик с сухим обогащением таким образом, чтобы пыль не заносилась в шахту.

Литература

1. Бурчаков А.С, Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.
2. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах.- М.:Недра, 1979.- 319 с.
3. Мясников А.А., Старков С.П., Чикунов В.И. Предупреждение взрывов газа и пыли в угольных шахтах.- М.:Недра, 1985.- 205 с.

9.1 Общие сведения.

9.2 Тепловой режим и тепловой баланс.

9.3 Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках.

9.4 Подогрев подаваемого в шахту воздуха.

Цель изучения темы:

Значение теплового режима и управление им. Обеспечение нормальных условий в горных выработках по тепловому фактору.

По теме студенты должны знать:

3. Влияние теплового режима на работу шахтного подъема и вентиляторных установок и самочувствие трудящихся.
4. Меры по обеспечению нормальных санитарно-гигиенических условий в горных выработках.

Вопросы для контроля и самоконтроля

5. Какие параметры состояния рудничного воздуха регламентируются ПБ?
6. Какие основные факторы определяют температуру воздуха в шахтах?
7. Что такое геотермическая ступень?
8. Какие меры борьбы применяют с высокими и низкими температурами воздуха в горных выработках?

9.1 Общие сведения

Тепловой режим угольных шахт зависит от следующих факторов:

- температуры поступающего в шахту воздуха;
- температуры пород;
- влажности атмосферы;
- скорости движения и количества проходящего по выработкам воздуха и др.

Изучение теплового режима и управление им имеет большое значение для создания санитарно-гигиенических условий и нормального самочувствия трудящихся в процессе работы. Кроме того, при недостаточном внимании к тепловым процессам может быть нарушена нормальная работа шахтного подъема и вентиляторной установки, вследствие обмерзания устьев стволов, рабочих лопаток и каналов вентиляторов в зимнее время.

Большое влияние тепловые условия оказывают на самочувствие трудящихся. Это объясняется тем, что в человеческом организме в процессе жизнедеятельности образуется тепло. Для поддержания постоянной температуры человеческого тела все образовавшееся тепло должно быть выведено из организма. В целях создания нормальных условий работы в шахтах ПБ регламентируются температура и скорость движения воздуха.

9.2 Тепловой режим и тепловой баланс

В первой половине девятнадцатого века было замечено, что с переходом на разработку более глубоких горизонтов возрастает температура горных пород и, как следствие, повышается температура воздуха и ухудшаются условия работ.

При температуре воздуха более 28°С производительность труда шахтеров снижается на 30÷40%; кроме того, работа в таких неблагоприятных условиях действует изнуряюще, вызывает сонливость, ослабляет внимание. Основным фактором, определяющим температуру воздуха в шахтах, является температура горных пород.

С 30-х годов XIX века проводились исследования по определению геотермической ступени, т.е. расстояния в метрах, при углублении на которое температура пород увеличивается на 1°С. При этом за начало отсчета принималась зона постоянной средней годовой температуры, находящаяся на глубине 20÷40 м от поверхности.

В настоящее время геотермия основных горнопромышленных районов изучена до глубины порядка 2000 м, а местами – до 3000 м. Температура воздуха в шахтах в зависимости от их глубины и географического расположения изменяется в очень широких пределах и может быть как положительной, так и отрицательной; влажность же обычно держится на высоком уровне – около 70%, повышаясь до 90% и более в обводненных выработках.

Тепловой баланс – соотношение между тепловыделением из различных источников, для каждой шахты свой, но все же можно говорить о среднем балансе.

Поскольку наибольшее влияние на температуру воздуха в угольной шахте оказывает тепловыделение из горных пород и, вследствие того, что расстояние от воздухоподающего ствола до очистных забоев достигает нескольких километров, температура воздуха в последних близка к температуре пород. Суточные колебания температуры воздуха на поверхности выравниваются уже в околоствольных дворах и практически не отражаются на температуре воздуха в очистных забоях. Сезонные колебания температуры в очистных забоях составляют 1÷5°С; В гидрошахтах в зимнее время температура воздуха ниже летней на 4÷12°С.

Тепловые расчеты для определения ожидаемой температуры воздуха в очистных и подготовительных забоях необходимы при проектировании глубоких шахт, а также шахт любой глубины, расположенных в области вечной мерзлоты, в целях установления необходимости искусственного охлаждения или нагрева воздуха и получения необходимых данных для расчета холодильных машин или калориферов.

9.3 Меры борьбы с высокими температурами в горных выработках

Борьба с высокими температурами в шахтах в настоящее время ведется путем выполнения ряда горнотехнических мероприятий и при помощи искусственного охлаждения воздуха.

Горнотехнические мероприятия сводятся к улучшению вентиляции, проведению мер борьбы с тепловыделениями по пути движения вентиляционной струи, а также к применению таких вариантов схем вскрытия, при которых нагревание вентиляционной струи будет минимальным.

Улучшение вентиляции способствует снижению температуры в шахте. В частности, с увеличением дебита струи она нагревается меньше, благодаря тому, что тепло, выделяющееся в выработку, распределяется на больший объем воздуха. Кроме того, увеличение дебита, как правило, сопровождается повышением скорости струи. Несмотря на то, что при этом теплоотдача от стенок выработки в единицу времени возрастает, нагревание воздуха, вследствие уменьшения времени его прохождения по

выработкам, уменьшается. Однако, возможности увеличения дебита ограничены, так как в современных глубоких шахтах, разрабатывающих пласты повышенной газоносности, скорости движения воздуха близки к предельно допустимым по ПБ.

Тепловыделение при окислительных процессах, работе машин, а также из стенок выработок, шахтных вод, добытого полезного ископаемого и других источников составляет значительную долю общешахтного теплового баланса. Уменьшение выделения тепла, связанного с окислительными процессами, может быть достигнуто снижением запыленности выработок угольной и иной окисляющейся пылью, сокращением применения деревянной крепи и затяжек, покрытием стен выработок специальным составом, уменьшением времени нахождения добытых углей и окисляющихся руд в шахтах.

Электрические механизмы, работающие в очистных забоях, выделяют тепло в количествах, достаточных для повышения температуры вентиляционной струи на $1,5^0$ и более. Для уменьшения влияния работы механизмов необходимо во всех случаях, когда это технически осуществимо, применять обособленное проветривание машинных камер.

Поскольку охлаждающее действие вентиляционной струи не зависит от того, по какой причине повысилось теплосодержание (за счет повышения температуры или влагосодержания воздуха), необходимо вести борьбу с повышенным содержанием воды в воздухе, стараясь уменьшить капеж в выработках и закрывая водоотливные канавки.

В рудниках и шахтах, применяющих пневматическую энергию, сжатый воздух с температурой около $70\div 80^0$ С обычно подается по воздухопроводам, проложенным в воздухоподающих стволах, что приводит к повышению температуры вентиляционной струи. Поэтому желательно охлаждать сжатый воздух после компрессии до температуры воздуха в стволе, а там, где это не вызывает особых технических затруднений, прокладывать трубопроводы сжатого воздуха по стволам с исходящей струей и выработкам вентиляционного горизонта.

Что касается схем вскрытия шахтных полей, то необходимо стремиться к тому, чтобы они позволяли сократить до минимума путь свежего воздуха от поверхности до забоев, применяя различные варианты флангового расположения стволов. На температуру вентиляционной струи оказывает влияние срок проветривания выработки, по которой проходит воздух. Продолжительность существования выработки, в свою очередь, зависит от принятого способа подготовки и порядка отработки.

Применение выемочных механизмов с небольшой глубиной вруба (струги, комбайны) способствует, согласно расчетам, снижению температуры в лавах на $1,2\div 1,6^0$ С.

Перечисленные меры, направленные на снижение температуры шахтного воздуха, желательно применять во всех случаях при работе на больших глубинах с высокой температурой воздуха, независимо от того, производится или нет искусственное охлаждение. При разработке угольных месторождений на средних глубинах даже одно лишь выполнение этих мероприятий может обеспечить установление нормального температурного режима, в более же глубоких шахтах с этой целью должно применяться искусственное охлаждение воздуха.

При размещении установок на поверхности охлаждается весь поступающий в шахту воздух, вследствие чего расходуется излишняя мощность на охлаждение воздуха, который не достигает рабочих забоев. Кроме того, расчеты и практика

показывают, что в этом случае для шахт глубиной свыше 1000 м необходимо охлаждать воздух до отрицательных температур, что приведет к обмерзанию воздухоподающих выработок. Недостатком рассматриваемого метода размещения воздухоохладительных установок является резкий перепад температур в стволе, создающий опасность простудных заболеваний. Поэтому такая установка может быть рациональна только в особых случаях.

Имеются схемы, в которых вся холодильная установка размещена на глубоком горизонте, что уменьшает потери холода в трубопроводах и позволяет применять трубопроводы низкого давления.

Охлаждение воздуха, поступающего на рабочие участки, имеет большое значение не только для улучшения условий труда в лавах, но и в забоях подготовительных выработок, так как в ряде случаев для проветривания последних проходческие вентиляторы могут подавать охлажденный воздух.

9.4 Подогрев подаваемого в шахту воздуха

Поскольку в зимнее время температура атмосферного воздуха отрицательная, возникает опасность обмерзания воздухоподающих выработок с образованием наледей, нарушения нормальной работы шахтного подъема, обледенения лестничных отделений, нарушения несущей способности крепи и т.п. Поэтому зимой подаваемый в шахту воздух должен подогреваться с тем, чтобы температура его была не ниже $+2^{\circ}\text{C}$. Подогрев воздуха осуществляется обычно паровыми калориферами и в отдельных случаях – электрокалориферами. Как правило, подогревается сравнительно небольшая часть воздуха до температуры $60\div 70^{\circ}\text{C}$, не превосходящая $20\div 25\%$ от общешахтного его расхода, с тем, чтобы после смешивания с основной вентиляционной струей температура смеси была не ниже $+2^{\circ}\text{C}$.

Подогретый воздух по специальному каналу подается вентилятором в ствол, где и происходит смешивание с основной вентиляционной струей, поступающей через устье ствола.

Литература

1. Бурчаков А.С, Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.
2. Барон Л.И., Демидюк Г.Н., Лидин Г.Д. и др. Горное дело: Терминологический словарь.- М.:Недра, 1981.- 3-е изд.- 479 с.

Часть II
Рудничная аэродинамика
Лекция № 10

Основные понятия рудничной аэродинамики

10.1 Общие сведения.

10.2 Основные физические характеристики рудничного воздуха.

Цель изучения темы:

Изучение основных законов, характеризующих движение воздуха по горным выработкам.

10.1 Общие сведения

Рудничная аэродинамика – наука о законах движения воздуха, а также его газообразных и твердых примесей в шахтных вентиляционных потоках.

Изучение законов движения воздуха было бы весьма затруднено, если бы ему не предшествовало рассмотрение действующих в воздухе сил и условий равновесия воздушной среды. Поэтому настоящая часть курса начинается с изложения основных законов аэростатики.

**10.2 Основные физические характеристики
рудничного воздуха**

Воздух как основное рабочее тело, движение которого изучается в курсах вентиляции, характеризуется рядом физических свойств. Рассмотрим основные из них, необходимые для дальнейшего изложения.

Удельный вес – вес единицы объема, Н/м³ (кгс/м³).

$$\gamma = \frac{G}{V}, \quad (10.1)$$

где G – вес данной массы воздуха, Н;
 V – ее объем, м³.

Величина, обратная удельному весу и равная объему, занимаемому единицей веса воздуха, называется удельным объемом и обозначается:

$$\nu = \frac{1}{\gamma}, \quad \text{м}^3/\text{Н} \quad (10.2)$$

Плотность – масса единицы объема. Поскольку масса равна весу, деленному на ускорение свободного падения g , то плотность через удельный вес выражается формулой, Н·с²/м⁴ (кг/м³):

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad (10.3)$$

Плотность воздуха изменяется в зависимости от температуры:

Температура, °С	-20	-10	0	10	20	40
Плотность, кг/м ³	1,39	1,34	1,29	1,24	1,20	1,12

Вязкость – свойство воздуха оказывать сопротивление касательным усилиям.

Динамическая вязкость (μ , коэффициент внутреннего трения) – сила трения между двумя слоями воздуха, отнесенная к единице площади, при градиенте скорости, равном единице; размерность кгс·с/м², кг/(с·м) или Н·с/м².

Сила этого трения по закону Ньютона

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{dU}{dn}, \text{ Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2 \quad (10.4)$$

где μ - коэффициент пропорциональности, или вязкость;

S - площадь трущихся слоев воздуха, м²;

$\frac{dU}{dn}$ - градиент скорости, т.е. изменение скорости в направлении нормали к ней, м/(с·м)=с⁻¹.

Отношение вязкости к плотности газа называется кинематической вязкостью, м²/с:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (10.5)$$

Динамическая вязкость воздуха в зависимости от температуры составляет:

Температура, °С	-20	-10	0	10	20	40
$\mu \cdot 10^6$ кг/(с·м)	1,59	1,65	1,71	1,77	1,81	1,90

Значение кинематической вязкости воздуха при различной температуре и давлении приведены в табл. 10.1.

Таблица 10.1 – Кинематическая вязкость воздуха

Температура, °С	Значение $\nu \cdot 10^6$ (м ² /с) при давлении, мм.рт.ст.							
	700	720	740	760	780	800	820	840
-5	13,61	13,23	12,88	12,54	12,21	11,91	11,62	11,35
0	14,10	13,71	13,34	13,00	12,65	12,34	12,04	11,75
5	14,61	14,21	13,82	13,46	13,12	12,79	12,47	12,18
10	15,13	14,71	14,30	13,93	13,57	13,23	12,91	12,60
15	15,65	15,22	14,80	14,41	14,05	13,70	13,36	13,04
20	16,19	15,74	15,32	14,91	14,53	14,17	13,82	13,50
25	16,72	16,26	15,82	15,40	15,04	14,63	14,28	13,94
30	17,28	16,80	16,35	15,92	15,51	15,12	14,75	14,41

35	17,85	17,35	16,89	16,44	16,02	15,62	15,24	14,87
40	18,42	17,91	17,43	16,97	16,53	16,13	15,73	15,35

Давление, под которым находится воздух, с одной стороны, определяет силу, с которой он давит на единицу площади поверхности, а с другой – характеризует энергию, содержащуюся в единице его объема. Единица давления – Паскаль (давление силой в 1Н на площадь в 1 м²). Таким образом, Па=Н/м². Если умножить числитель и знаменатель единицы давления на единицу длины метр, то получим

$$\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3} = \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3}$$

Отсюда следует, что давление в Паскалях определяет полную внутреннюю энергию в джоулях, приходящуюся на единицу объема воздуха.

Во многих случаях в расчетах вентиляции удобной является кратная единица - килопаскаль, определяемая соотношением 1кПа= 1000 Па.

Часто в расчетах и измерениях по рудничной вентиляции используются широко распространенные внесистемные единицы давления – миллиметр водяного и миллиметр ртутного столба. Их соотношения с Паскалем составляют, соответственно, 1 мм вод.ст. = 9,81 Па; 1мм рт.ст.=133,32 Па.

Удельная теплоемкость (с) – количество теплоты, нагревающей 1 кг воздуха на 1 градус. Может выражаться в ккал/(кг·градус) или Дж/(кг·градус). Различают теплоемкость при постоянном давлении воздуха c_p и при постоянном объеме c_v . Значение удельной теплоемкости воздуха:

Температура, °С	-10	0	15	30	80
Удельная теплоемкость при постоянном давлении, ккал/(кг·градус), c_p	0,238	0,239	0,239	0,239	0,241
Удельная теплоемкость при постоянном объеме, ккал/(кг·градус), c_v	0,169	0,170	0,170	0,171	0,172

Теплоемкость при постоянном давлении всегда больше, чем при постоянном объеме. Отношение c_p/c_v – величина постоянная для каждого газа; для воздуха $c_p/c_v=1,40$.

В рудничной вентиляции в большинстве расчетов параметры воздуха принимаются неизменными, равными параметрам, так называемого, стандартного воздуха, т.е. воздуха с температурой 15⁰С, относительной влажностью 60%, находящегося под давлением 760 мм.рт.ст = 101325 Па = 101,325 кПа.

Параметры стандартного воздуха: удельный вес $\gamma= 11,77 \text{ Н/м}^3$; удельный объем $v = 0,0849 \text{ м}^3/\text{Н}$; плотность $\rho = 1,20 \text{ кг/м}^3$; вязкость $\mu=18,05 \cdot 10^{-6} \text{ Н} \cdot \text{с/м}^2$; кинематическая вязкость $\nu=15,04 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; теплоемкость $c_p= 1,006 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; $C_v= 0,718 \cdot 10^3 \cdot \text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$.

Лекция № 11

Основные определения рудничной аэродинамика

11.1 Основные законы аэростатики.

11.2. Режимы движения воздуха в шахтах. Критерий Рейнольдса.

11.3. Основные законы аэродинамики.

11.4 Типы воздушных потоков.

Цель изучения темы:

Изучение основных законов, характеризующих движение воздуха по горным выработкам.

11.1. Основные законы аэростатики

Аэростатика – наука о равновесии газов (воздуха). Она исследует условия, при которых воздух может находиться в неподвижном состоянии – состоянии равновесия. Одной из основных задач аэростатики является определение изменения давления с высотой (глубиной) в покоящемся воздухе, а также условий равновесия находящегося в воздушной среде тела.

Давление, с которым имеют дело в аэростатике, называется аэростатическим; оно вызывается весом вышележащих слоев воздуха.

Основное уравнение аэростатики в проекциях на координатные оси имеет вид:

$$dp = \rho(X \cdot dx + Y \cdot dy + Z \cdot dz), \quad (11.1)$$

где p - давление;

ρ - плотность воздуха;

X, Y, Z – проекции объемной силы, отнесенной к единице массы;

x, y, z - координаты.

Под объемной (или массовой) силой понимается сила, действующая на каждую частицу воздуха во всем его объеме (например, силы тяжести и инерции).

При неподвижной атмосфере в шахте единственной объемной силой является сила тяжести. Если ось Oz направить вертикально вниз, получим $Z=g$ и основное уравнение аэростатики будет:

$$dp = \rho \cdot g \cdot dz, \quad (11.2)$$

где g - ускорение силы тяжести.

Если начало координат расположить на поверхности земли (в устье ствола), то давление на глубине $h=z$ определится интегрированием 11.2 при граничном условии $z=0, p=p_0$:

$$p = g \cdot \int_0^h \rho \cdot dz + p_0 \quad (11.3)$$

Если в какой-либо выработке $\rho = \text{const}$ или при переменной плотности ее можно характеризовать некоторой средней величиной, то из уравнения 11.3 получим:

$$p = p_0 + g \cdot \rho \cdot h, \quad (11.4)$$

где h - разность отметок начала и конца выработки.

Уравнение 10.7 можно переписать в виде:

$$dp = \gamma \cdot dz, \quad (10.10)$$

где γ - удельный вес воздуха.

Его изменение с глубиной зависит от изменения состояния воздуха, которое приближенно можно описать одним из следующих процессов: изохорическим – $\gamma = \text{const}$; изотермическим – $T = \text{const}$; адиабатическим – $dQ = \text{const}$ или $\frac{p}{\gamma^{1,41}} = \text{const}$; политропическим – $\frac{p}{\gamma^n} = \text{const}$.

Здесь T – абсолютная температура воздуха; Q – количество содержащегося в воздухе тепла; n - показатель политропы ($1 < n < 1,41$).

Используя эти зависимости, а также уравнение состояния газа

$$\frac{p}{\gamma} = R \cdot T, \quad (10.11)$$

где R – газовая постоянная.

После интегрирования выражения (10.10) в пределах от $z=0$ до h при граничных условия $z=0$, $p=p_0$, $T=T_0$, $\gamma=\gamma_0$, получим следующие законы изменения давления с глубиной:

изохорический процесс

$$p = p_0 + \gamma_0 \cdot h; \quad (10.12)$$

изотермический процесс

$$p = p_0 \cdot \exp \frac{h}{R \cdot T_0}; \quad (10.13)$$

адиабатический и политропический процессы

$$p = p_0 \cdot \left(1 + \frac{\gamma_0 \cdot h}{\lambda \cdot p_0}\right)^\lambda, \quad (10.14)$$

где $\lambda = \frac{k}{k-1}$; $k=1.41$ – для адиабаты и $k=n$ – для политропы.

Формулы для изотермического, адиабатического и политропического процессов дают весьма близкие результаты. Поскольку формула (10.13) наиболее проста, целесообразно использовать ее для определения приращения давления с глубиной.

Следует иметь в виду, что при расчетах по формулам (10.12) и (10.14) начальное давление p_0 должно иметь размерность в той же системе, что и остальные величины; при расчете по формуле (10.13) это не обязательно и p_0 можно выразить в

мм. рт.ст., атмосферах и т.д.

Формулы (10.12) - (10.14) носят название барометрических формул. Из них, в частности, следует, что приращение давления не зависит от поперечных размеров столба воздуха, т.е. давление в выработке не зависит от площади ее поперечного сечения и, следовательно, от его изменения по длине.

Весьма важным свойством воздушной среды является то, что давление, действующее в данной ее точке, одинаково во всех направлениях и что изменение давления в какой-либо точке, не вызывающее заметных эффектов сжатия, вызывает такое же изменение давления во всех остальных точках среды. Данное свойство носит название закона Паскаля. Согласно ему, уменьшение давления на поверхности, например, на 5 мм.рт.ст., вызовет уменьшение давления во всех выработках шахты также на 5 мм.рт.ст.

Из закона Паскаля следует, что давление, воспринимаемое пластинкой, расположенной в данной точке пространства, не зависит от ее ориентации в пространстве. Следовательно, давления на одну и на другую ее плоскость равны. Поскольку давление действует по нормали к поверхности, то равнодействующая сил давления, приложенных к пластинке, равна нулю, т.е. аэростатическое давление не может вызвать перемещения тела.

Из закона Паскаля следует, что давление на все стенки выработки, расположенные на одной вертикальной высоте, в неподвижном воздухе одинаково.

Согласно закону Архимеда, на находящееся в воздухе тело действует выталкивающая сила P , направленная вертикально вверх и численно равная весу воздуха в объеме тела:

$$P=V \cdot \gamma, \quad (10.15)$$

где V - объем тела;

γ - средний удельный вес воздуха на уровне расположения тела.

Следовательно, при весе тела $V \cdot \gamma < P$ оно всплывает, при $V \cdot \gamma = P$ тело находится в равновесии и при $V \cdot \gamma > P$ тело опускается.

Атмосферное давление в шахте неоднозначно: в более глубоких выработках оно больше, чем в менее глубоких [см. формулы (10.12-10.14)]. Изменение атмосферного давления на поверхности вызывает такое же по величине и знаку изменение давления воздуха в шахте. Работа вентилятора изменяет атмосферное давление в шахте: при всасывающей вентиляции оно меньше, при нагнетательной – больше давления в неподвижном воздухе.

11.2. Режимы движения воздуха в шахтах.

Критерий Рейнольдса

Виды движения. В шахтах существуют два основных вида движения воздуха: движение с относительно высокими скоростями по каналам большого диаметра (выработки, трубопроводы, крупные отверстия в перемычках и др.) и фильтрационное движение, т.е. движение с малыми скоростями по каналам весьма малого диаметра (через поры и трещины в нетронutom массиве пород, через обрушенные породы, через перемычки, слои раздробленного угля, песка, глины и т.п.).

Типы потоков. В горных выработках возможны потоки с твердыми границами (в выработках, трубопроводах) и свободные воздушные струи, не имеющие твердых

границ (струя, выходящая из нагнетательного трубопровода, из диффузора вентилятора, из выработки малого сечения в выработку большего сечения и др.).

Виды давления. В шахтных вентиляционных потоках существует статическое $p_{ст}$ и динамическое (скоростное) $p_{дин(ск)}$ давление.

Первое создается внешними силами (атмосферным давлением на поверхности, вентилятором) и весом столба воздуха, заполняющего выработку от поверхности до данной точки в потоке; оно практически постоянно в поперечном сечении выработки. Статическое давление численно равно потенциальной энергии единицы объема воздуха. Динамическое (скоростное) давление определяет кинетическую энергию единицы объема воздуха:

$$p_{дин} = \frac{\gamma \cdot U^2}{2 \cdot g}, \quad (10.16)$$

где γ - удельный вес воздуха;

U - скорость воздушного потока;

g - ускорение свободного падения.

Статическое давление действует во всех направлениях, скоростное – только в направлении скорости потока (не действует на плоскости, параллельные потоку).

Полное давление (P_0) в какой-либо точке

$$P_0 = p_{ст} + p_{дин}. \quad (10.17)$$

Депрессия. Депрессией называется разность давлений (энергий) в двух точках потока. Различают депрессию статическую (разность статических давлений), динамическую (разность динамических давлений) и полную (разность полных давлений).

Режимы движения. Существуют два режима движения: ламинарный и турбулентный. Ламинарный режим характеризуется упорядоченным движением частиц воздуха по параллельным траекториям. Перемешивание в потоке происходит в результате взаимопроникновения молекул. При турбулентном режиме движение частиц воздуха хаотично, перемешивание обусловлено взаимопроникновением отдельных объемов воздуха и поэтому оно происходит значительно интенсивнее, чем при ламинарном режиме.

При стационарном ламинарном движении скорость воздушного потока в точке постоянна по величине и направлению; при турбулентном движении ее величина и направление переменны во времени.

Турбулентность является следствием внешних (заносимых в поток) или внутренних (генерируемых в потоке) возмущений. Турбулентность шахтных вентиляционных потоков, как правило, внутреннего происхождения. Ее причина – вихреобразование при обтекании потоком неровностей стен выработок.

Критерием устойчивости турбулентного режима является число Рейнольдса

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu}, \quad (10.18)$$

где U - средняя скорость движения воздуха в выработке;

D - гидравлический диаметр выработки;

$$D = \frac{4 \cdot S}{P}; \quad (10.19)$$

S - площадь поперечного сечения выработки;

P- периметр поперечного сечения выработки;

ν - кинематическая вязкость воздуха.

Число Рейнольдса, выше которого турбулентное движение устойчиво, называется критическим. Для горных выработок оно равно 1000÷1500, для гладких труб – 2300. В горных выработках движение воздуха, как правило, турбулентное; при фильтрации возможен как ламинарный, так и турбулентный режим.

11.3. Основные законы аэродинамики

Движение воздуха в шахтах подчиняется тем же основным законам, что и остальные физические явления материального мира, а именно: закону сохранения массы и закону сохранения энергии. Эти фундаментальные законы природы, примененные к движению воздуха в горных выработках, определяют основные характеристики шахтных вентиляционных потоков. К этому следует добавить второй закон Ньютона или закон количества движения, позволяющий получить уравнение движения воздуха, связывающее основные характеризующие движение величины.

Закон сохранения массы. Закон сохранения массы применительно к движению воздуха можно сформулировать следующим образом: масса любого объема воздуха остается постоянной в процессе его движения. Иными словами, изменение массы во времени равно нулю.

Если в потоке воздуха выделить элементарный объем ω , достаточно малый, чтобы плотность воздуха в нем ρ можно было считать постоянной, то закон сохранения массы можно представить:

$$\frac{d(\rho\omega)}{dt} = 0, \quad (10.20)$$

где $\rho\omega$ - масса выделенного объема;
t – время.

Уравнение (10.20) можно преобразовать через проекции скорости потока в рассматриваемой точке:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0, \quad (10.21)$$

где u, v, w – проекции скорости потока в точке на оси координат.

Уравнение (10.21) называется уравнением неразрывности.

Для стационарного движения, при котором характеристики потока в некоторой фиксированной точке пространства (плотность, скорость, давление и др.) не

изменяются во времени, $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ и уравнение неразрывности будет:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0, \quad (10.22)$$

а при $\rho = \text{const}$:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (10.23)$$

В выработке постоянного сечения $v=w=0$ и из (10.23) имеем $u=\text{const}$, т.е. скорости воздуха в сходственных точках постоянны.

Из уравнения (10.23) следует, что в однородном по плотности потоке увеличение скорости в одном направлении должно вызывать соответствующее уменьшение ее в другом направлении. Например, при переходе потока из узкой выработки в широкую, в общем случае, появляется составляющая скорости v , которая в узкой выработке была равна нулю (рис.10.1). Следовательно, $\frac{dv}{dy} > 0$, а

$\frac{du}{dx} < 0$ ($w=0$ в обеих выработках), т.е. в расширяющейся части выработки продольная скорость u уменьшается.

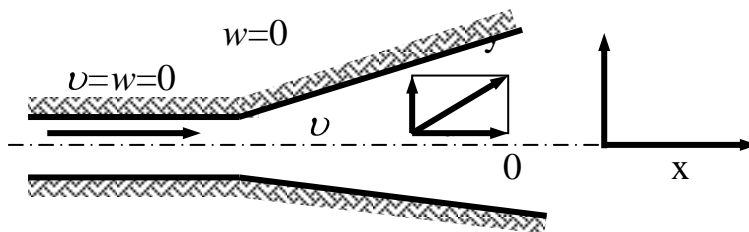


Рисунок 11.1 Изменение скорости воздуха при расширении потока

Из уравнения неразрывности (10.20) для изотермического потока следует уравнение расхода:

$$u_1 \cdot S_1 = u_2 \cdot S_2, \quad (10.24)$$

где S_1 и S_2 – площади начального и конечного сечений элементарной струйки потока;

u_1 и u_2 - скорости движения воздуха через эти сечения.

Интегрируя правую и левую части уравнения (10.24) по всему сечению выработки, получим:

$$Q_1 = Q_2, \quad (10.25)$$

т. е. объемный расход воздуха в выработке является величиной постоянной. Уравнение (10.25) не соблюдается при разветвлении струй и утечках воздуха из выработки, а для неизотермических потоков вместо него следует написать

$$M_1 = M_2, \quad (10.25a)$$

где M_1, M_2 - массовые расходы воздуха.

Закон сохранения энергии. Для случая движения воздуха закон сохранения энергии может быть сформулирован следующим образом: изменение энергии произвольного объема воздуха за некоторый промежуток времени при его движении равно сумме количества сообщенного ему тепла и работы приложенных к объему внешних сил за то же время, т.е.

$$\Delta E_{\text{вн}} + \Delta E_{\text{п}} + \Delta E_{\text{к}} = J \cdot \Delta Q + \Delta A, \quad (10.26)$$

где $\Delta E_{\text{вн}}$ - изменение внутренней энергии данного объема воздуха, определяемой кинетической энергией движения молекул и потенциальной энергией их взаимодействия;

$\Delta E_{\text{п}}$ - изменение потенциальной энергии этого объема, определяемого его перемещением по вертикали;

$\Delta E_{\text{к}}$ - изменение кинетической энергии объема;

J - механический эквивалент тепла;

ΔQ - количество тепла, полученное (отданное) данным объемом воздуха;

ΔA - работа внешних сил.

Внешними силами при движении воздуха по выработке являются силы трения о стенки и силы статического давления, приложенные к поверхности рассматриваемого объема.

В случае адиабатического движения несжимаемой жидкости, которой можно считать воздух, при существующих в шахте давлениях $\Delta E_{\text{вн}} = \Delta Q = 0$. При этих условиях для установившегося движения элементарной струйки воздуха соотношение (10.26) может быть записано в виде:

$$\frac{1}{\gamma} dp + dz + d \frac{u^2}{2g} + dh = 0, \quad (10.27)$$

где γ - удельный вес воздуха;

p - давление воздуха;

z - аппликата центра тяжести сечения струйки относительно произвольной горизонтальной плоскости сравнения;

u - скорость воздуха в рассматриваемом сечении струйки;

h - работа внешних сил, отнесенная к единице веса воздуха.

Уравнение (10.27) называется уравнением Бернулли в дифференцированной форме (по имени русского ученого Даниила Бернулли, впервые получившего это соотношение в 1738 г.).

Интегрируя выражение (10.27) вдоль струйки от сечения I до сечения II (рис. 10.2) при $\gamma = \text{const}$, получим:

$$(p_1 - p_2) + \gamma \cdot (z_1 - z_2) + \frac{\gamma}{2g} \cdot (u_1^2 - u_2^2) = h \quad (10.28)$$

Уравнение (10.28) может быть записано для случая разного удельного веса воздуха в I и II сечениях и для всего потока в выработке в виде:

$$(p_1 - p_2) + (\gamma_1 z_1 - \gamma_2 z_2) + \left(k_1 \frac{\gamma_1 \cdot u_1^2}{2g} - k_2 \frac{\gamma_2 \cdot u_2^2}{2g} \right) = h, \quad (10.29)$$

где $p_1 - p_2$ - разность статических давлений воздуха в сечениях I и II;

$\gamma_1 \cdot z_1 - \gamma_2 \cdot z_2$ - разность давлений двух столбов воздуха, имеющих высоту z_1 и z_2 и удельный вес γ_1 и γ_2 ;

$k_1 \cdot \frac{\gamma_1 \cdot u_1^2}{2 \cdot g} - k_2 \cdot \frac{\gamma_2 \cdot u_2^2}{2 \cdot g}$ - разность динамических давлений в сече-

ниях I и II

u_1 и u_2 - средняя скорость движения воздуха в сечениях I и II.

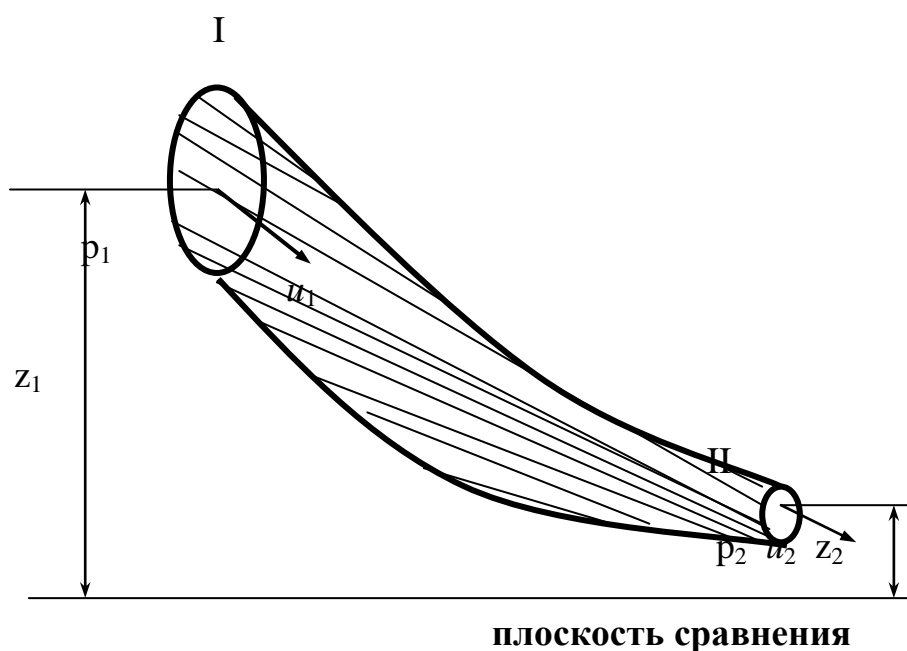


Рисунок 10.2 – Элементарная струйка тока

Коэффициенты k_1 и k_2 в уравнении (10.29) называются коэффициентами кинетической энергии и учитывают неравномерность распределения скоростей в сечениях I и II выработки.

Величина h в уравнении (10.29) обозначает работу всех внешних сил при перемещении рассматриваемого объема воздуха из I-го во II-е сечение. Роль внешних сил может заключаться в уменьшении первоначальной энергии воздуха (силы сопротивления) или в ее увеличении (например, при работе вентиляторов); в первом случае $h > 0$, во втором $h < 0$.

В уравнении (10.29) первые два слагаемых в скобках представляют собой изменение потенциальной энергии потока, третье – изменение его кинетической энергии. Как видим, изменение полной энергии потока между двумя произвольными его сечениями равно энергии, затраченной на преодоление сопротивлений движению воздуха на этом участке ($h > 0$), или поступлению энергии в поток ($h < 0$), или тому и другому одновременно.

Важным следствием из уравнения Бернулли является тот факт, что при $h = \text{const}$ изменение u в сечении вызывает обратное изменение p . Действительно, при увеличении u_2 давление p_2 должно уменьшаться, чтобы было соблюдено условие $h = \text{const}$. Справедливо и обратное заключение. Следовательно, увеличение скорости движения воздуха в сечении (например, вследствие его уменьшения) вызывает уменьшение в нем статического давления и наоборот.

Уравнение Бернулли является одним из основных уравнений рудничной аэродинамики, ибо, являясь математической формулировкой закона сохранения энергии, оно объединяет в себе все основные величины, необходимые для решения любой аэродинамической задачи.

В уравнении (10.29) все члены имеют размерность давления, т.е. $\text{кГ/м}^2 = \text{кГм/м}^3$. Иными словами, уравнение Бернулли выражает баланс потенциальной и кинетической энергии единицы объема потока.

11.4. Типы воздушных потоков

Все воздушные потоки в выработках можно разделить на два основных типа: ограниченные потоки, или потоки с твердыми границами, и свободные, не имеющие твердых границ, называемые также свободными струями.

Примером ограниченных потоков являются потоки воздуха в штрекообразных выработках на прямолинейных участках при постоянном их сечении. В этом случае потоки имеют твердые границы в виде стен выработок.

Свободные струи образуются, когда воздушный поток из воздухопровода ограниченного сечения выходит в неограниченное (достаточно большое) пространство. Воздушная струя при этом распространяется в заполненном воздухом пространстве и не имеет твердых границ. Примерами являются потоки воздуха, выходящие из штрека в камеру большого сечения, из трубопровода в выработку и т.п. В зависимости от формы поперечного сечения свободных струй они могут быть круглые и плоские. Если на каком-либо участке свободная струя соприкасается с твердой поверхностью и не получает полного развития, она называется неполной.

Ограниченные потоки и свободные струи движутся по существенно различным законам. Так, в ограниченных потоках происходит падение давления в направлении движения, в свободных же струях давление постоянно и равно давлению окружающего воздуха; ограниченные потоки имеют логарифмический профиль скоростей, свободные струи - профиль в виде кривой Гаусса; кроме того, эти потоки различны по характеру протекания диффузионных процессов.

Знание законов движения ограниченных потоков необходимо для организации вентиляции выработок типа штреков, квершлаггов, лав, а законов движения свободных – для организации вентиляции камерообразных выработок, призабойной части тупиковых выработок и др.

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.
2. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.
3. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.

Лекция № 12

Аэродинамическое сопротивление горных выработок

12.1 Основной закон движения воздуха по горным выработкам.

12.2 Законы сопротивления.

12.3 Виды сопротивлений.

12.4 Единицы сопротивления. Эквивалентное отверстие.

Цель изучения темы:

Изучение основных законов, видов и единиц сопротивления, характеризующих движение воздуха по горным выработкам.

12.1 Основной закон движения воздуха по горным выработкам

При движении воздуха по сети горных выработок его параметры претерпевают ряд изменений вследствие химических реакций, выделения газов из полезного ископаемого и вмещающих горных пород, а также вследствие испарения влаги, нагрева или охлаждения при соприкосновении со стенками выработок, сжатия или расширения. Поэтому при движении воздуха по горным выработкам не может быть принят в чистом виде ни один из известных в физике процессов, поскольку изменяются температура (T), давление (P), вес (G), и скорость (v^2).

При выводе основного закона движения воздуха с известной погрешностью (не превышающей $7 \div 10\%$) принимают, что его объемный вес остается постоянным, т.е. рассматривают воздух как несжимаемый.

В элементарной трубке тока воздуха (рис. 11.1) выделим объем $abcd$. Через некоторый промежуток времени этот объем переместился и занял положение $a'b'c'd'$. Площадь поперечного сечения потока в $ab-w_1$, в $d'c'-w_2$, давление соответственно P_1 и P_2 . В предположении несжимаемости потока воздуха перемещение объема $abcd$ в положение $a'b'c'd'$ можно рассматривать как перемещение объема воздуха $abb'a'$ в положение $dcc'd'$ при неизменном положении объема $a'b'cd$.

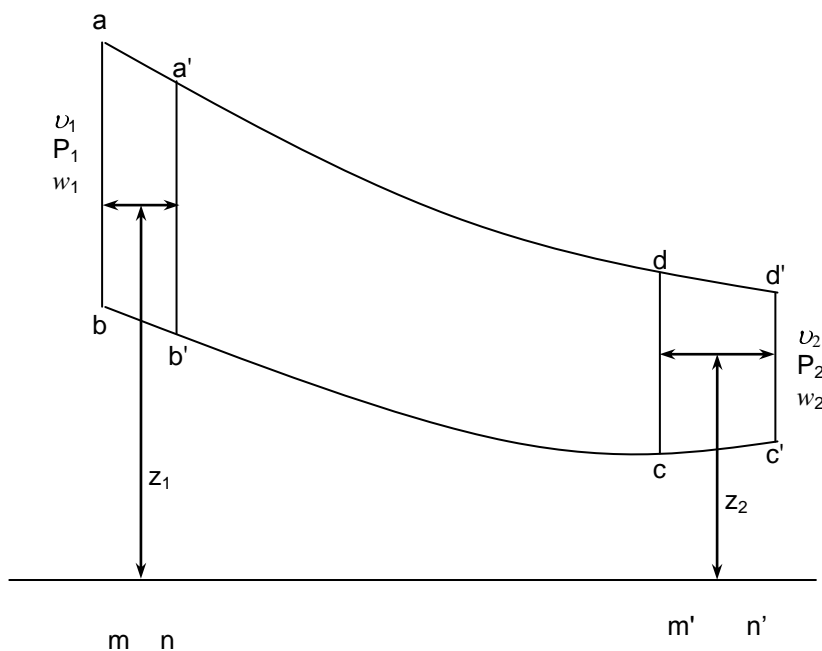


Рисунок 11.1 – Элементарная трубка тока воздуха

Принимая во внимание закон сохранения энергии, запишем, что приращение живых сил указанного объема равно работе внешних сил, т.е.:

$$\frac{M \cdot v_2^2}{2} - \frac{M \cdot v_1^2}{2} = P_1 \cdot w_1 \cdot m \cdot n - P_2 \cdot w_2 \cdot m' \cdot n' + G \cdot (z_1 - z_2), \quad (11.1)$$

где M и G – соответственно масса и вес объема воздуха;
 $w_1 \cdot m \cdot n = V_1$ и $w_2 \cdot m' \cdot n' = V_2$ – объем воздуха.

Поскольку $V = \frac{G}{\gamma} = \frac{M \cdot g}{\gamma}$, то подставив его значения в выражение (11.1), будем

иметь

$$\frac{M \cdot v_2^2}{2} - \frac{M \cdot v_1^2}{2} = P_1 \frac{M \cdot g}{\gamma} - P_2 \frac{M \cdot g}{\gamma} + M \cdot g \cdot (z_1 - z_2).$$

Разделив правую и левую части этого равенства на $M \cdot g$, получим

$$\frac{v_2^2}{2 \cdot g} - \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} + (z_1 - z_2).$$

Сгруппировав члены с однородными индексами, получим уравнение Бернулли для идеальных жидкостей и газов:

$$\frac{v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2. \quad (11.2)$$

Умножив левую и правую части этого уравнения на γ , получим:

$$\frac{\gamma \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + P_1 + z_1 \cdot \gamma = \frac{\gamma \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + P_2 + z_2 \cdot \gamma. \quad (11.3)$$

В действительности при движении воздуха по выработкам имеет место трение его о стенки выработок. Обозначим потерю давления на трение через h . Тогда уравнение (11.3) запишется в виде:

$$\frac{\gamma \cdot v_1^2}{2 \cdot g} + P_1 + z_1 \cdot \gamma = \frac{\gamma \cdot v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 \cdot \gamma + P_2 + h.$$

Если принять во внимание, что в реальных условиях $\gamma \neq \text{const}$, то получим равенство:

$$h = (P_1 - P_2) + (z_1 \cdot \gamma_1 - z_2 \cdot \gamma_2) + \left(\frac{\gamma_1 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} - \frac{\gamma_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \right),$$

являющееся общим выражением закона движения воздуха по горным выработкам.

Но $P_1 - P_2$ – разность давлений, создаваемая вентилятором;

$z_1 \cdot \gamma_1 - z_2 \cdot \gamma_2$ – разность весов столбов воздуха или естественная тяга;

$(\gamma_1 \cdot v_1^2) / 2 \cdot g - (\gamma_2 \cdot v_2^2) / 2 \cdot g$ – скоростной напор.

Тогда $h = h_b \pm h_c \pm h_{\text{СК}}$, т.е. разность давлений, расходуемая на преодоление

сопротивления сети горных выработок движущимся по ним воздухом, складывается из перепада давления, создаваемого вентилятором (h_b), естественной тягой (h_e) и скоростным напором ($h_{ск}$), причем в общем случае естественная тяга может способствовать или противодействовать работе вентилятора, входное и выходное сечение потока могут отличаться по величине, что учитывается знаком перед h_e и $h_{ск}$.

В практике проветривания шахт могут иметь место случаи как совместного действия всех трех факторов, так и комбинаций двух или одиночное их действие.

При $v_1=v_2$ и $\gamma_1=\gamma_2$, $h=P_1-P_2=h_b$ проветривание осуществляется лишь вентилятором, работающим на всасывание.

Создаваемая им разность давления h_b в этом случае называется депрессией.

При $v_1=v_2$ и $\gamma_1=\gamma_2$, $h=P_2-P_1=h_b$ проветривание осуществляется вентилятором, работающим на нагнетание. Создаваемая вентилятором разность давлений h_b в этом случае называется компрессией.

При $P_1=P_2$, $\gamma_1\neq\gamma_2$ и $v_1=v_2$ проветривание осуществляется лишь за счет действия естественной тяги.

При $P_1=P_2$, $\gamma_1=\gamma_2$ и $v_1\neq v_2$ проветривание осуществляется лишь за счет скоростного напора (например, при задувании ветра в штольню).

При $P_1\neq P_2$, $\gamma_1\neq\gamma_2$ и $v_1=v_2$ проветривание осуществляется за счет совместного действия вентилятора и естественной тяги.

Если депрессия естественной тяги совпадает по знаку с депрессией, создаваемой вентилятором, то тяга помогает вентилятору, если не совпадает – противодействует, ухудшая вентиляцию.

При $P_1\neq P_2$, $\gamma_1=\gamma_2$ и $v_1\neq v_2$ имеет место проветривание за счет совместного действия вентилятора и скоростного напора.

В общем случае даже при одинаковых сечениях стволов (подающего и выдающего воздух) имеет место различие в скоростных напорах, вызванное изменением профиля скоростей воздуха в их сечении и учитываемое энергетическим коэффициентом K . С учетом этого коэффициента основной закон движения воздуха по горным выработкам имеет вид:

$$h = (P_1 - P_2) + (z_1 \cdot \gamma_1 - z_2 \cdot \gamma_2) + \frac{K_1 \cdot \gamma_2 \cdot v_1^2}{2 \cdot g} - \frac{K_2 \cdot \gamma_2 \cdot v_2^2}{2 \cdot g}. \quad (11.4)$$

Основными законами, определяющими распределение дебита воздуха и депрессии в сети горных выработок, являются законы неразрывности потока и равенства депрессий по любому направлению замкнутого контура, именуемые первым и вторым законами вентиляционной сети.

Первый закон неразрывности потока записывается в виде $\sum_1^n Q_i = 0$, т.е. количество воздуха, приходящего к узлу, равно количеству воздуха, уходящего из него, накопления воздуха не происходит.

Второй закон равенства депрессий записывается в виде $\sum_1^n h_{i_{зк}} = 0$, т.е. для любого замкнутого контура алгебраическая сумма потерь напоров в участках, входящих в замкнутый контур, равна алгебраической сумме напоров источников тяги, включая естественную.

12.2 Законы сопротивления

Закон сопротивления при движении воздуха по горным выработкам выражает зависимость между перепадом давления (h), вызываемым их сопротивлением движению (c), и расходом (скоростью (v) движения) протекающего по ним воздуха.

В общем виде закон сопротивления выражается зависимостью:

$$h = c \cdot v^n. \quad (11.5)$$

Теоретически и экспериментально доказано, что для турбулентного режима движения $n=2$, для ламинарного $n=1$ и для промежуточного режима движения $1 < n < 2$.

Все разнообразие встречаемых в шахтах сопротивлений сводится к следующим видам: сопротивление трения о стенки горных выработок; лобовые сопротивления; местные сопротивления.

При турбулентном режиме движения должны быть рассмотрены две задачи:

- 1) обтекание тел (внешняя задача);
- 2) трение воздуха о стенки выработки, трубопровода (внутренняя задача).

Сопротивление движению воздуха, оказываемое телами при их обтекании, называется лобовым.

Депрессия (h), затрачиваемая на движение воздуха по выработке, зависит от шероховатости стенок, прямо пропорциональна длине L и ее периметру P , зависит от площади сечения выработки (S), массовой плотности воздуха (ρ) и скорости движения воздуха (v).

Запишем функциональную зависимость h от перечисленных параметров в виде:

$$h = k \cdot f(L, P, S, \rho, v).$$

Раскроем эту зависимость, воспользовавшись теорией размерностей:

$$h = k \cdot L \cdot P \cdot S^x \cdot \rho^y \cdot v^z$$

или

$$\frac{M \cdot L}{T^2 \cdot L^2} = k L L (L^2)^x \left(\frac{M}{L^3} \right)^y \cdot \left(\frac{L}{T} \right)^z.$$

После группировки по индексам имеем:

$$M \cdot T^2 \cdot L^{-1} = k \cdot L^{2+2x-3y+z} \cdot M \cdot T^z.$$

Отсюда получим систему уравнений:

$$\begin{cases} 1=y & \text{(показатели при } M) \\ -1=2+2x+3y+z & \text{(показатели при } L) \\ -1=-z & \text{(показатели при } T). \end{cases}$$

Следовательно, $z = 2$; $y = 1$; $x = -1$ и зависимость для h записывается в виде:

$$h = k \cdot L \cdot P \cdot S^{-1} \cdot \rho v^2.$$

Обозначив $k = \beta/2$, и учитывая, что $\rho = \frac{\gamma}{g}$ получим:

$$h = \beta \cdot \frac{\gamma}{2g} \cdot \frac{L \cdot P}{S} \cdot v^2$$

или

$$h = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S} \cdot v^2, \quad (11.6)$$

где

$$\alpha = \beta \cdot \frac{\gamma}{2 \cdot g}. \quad (11.7)$$

Можно принять $\alpha = (P \cdot L/S) = c$, тогда получим приведенную выше формулу для внешней задачи:

$$h = c \cdot v^2.$$

В рудничной вентиляции для внутренней задачи наиболее широко применяется зависимость вида:

$$h = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3} \cdot Q^2$$

или, учитывая зависимость $v = \frac{Q}{S}$:

$$h = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S} \cdot v^2.$$

Как следует из полученных для закона сопротивления зависимостей, перепад давления, необходимый для перемещения количества воздуха Q , зависит от параметров сети горных выработок:

$$h = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3} \cdot Q^2. \quad (11.8)$$

Обычно обозначают:

$$\alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3} = R, \quad (11.9)$$

где R –аэродинамическое сопротивление выработок.

Тогда формула (11.8) приобретает вид:

$$h = R \cdot Q^2.$$

Для снижения потерь давления на продвижение воздуха по горным выработкам необходимо уменьшать R . Это может быть достигнуто за счет:

- сокращения длины пути воздушного потока L ;
- увеличения площади сечения S .

12.3 Виды сопротивлений

Местными сопротивлениями являются различного рода препятствия на пути движения воздуха. К ним относятся: повороты и сопряжения выработок, кроссинги, двери с окнами, внезапные сужения и расширения струи, движущиеся поезда и другие загромождения выработок.

Местные сопротивления вызывают потерю живой силы потока. Величина потери потока напора, вызванная местными сопротивлениями, определяется по формуле:

$$h = \xi \cdot \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}, \text{ кг/м}^2, \quad (11.10)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления, определяется опытным путем и приводится в справочниках для наиболее распространенных видов местных сопротивлений;
 v - средняя скорость движения воздуха до или после местного сопротивления, м/сек.

Общая потеря давления воздуха в выработке равна сумме потерь, затрачиваемых, соответственно, на преодоление трения ($h_{\text{тр}}$) и местных сопротивлений ($h_{\text{м}}$):

$$h_{\text{общ}} = h_{\text{тр}} + h_{\text{м}}, \text{ кг/м}^2. \quad (11.11)$$

Лобовое сопротивление имеет место при обтекании воздухом неподвижного тела или при движении тела в неподвижной среде. Потеря напора, вызванная лобовым сопротивлением, определяется по формуле:

$$h_{\text{лоб}} = c \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \gamma \cdot \frac{S_{\text{мид}}}{S - S_{\text{мид}}}, \text{ кг/м}^2, \quad (11.12)$$

где c - сечение выработки в свету, м²;
 S - миделево сечение (проекция тела на плоскость, нормальную к оси потока).

Миделево сечение крепи штрекообразных выработок равно проекции крепи на плоскость, нормальную к оси выработки. Обычно у стенки выработки скорость воздуха минимальна, поэтому данный вид сопротивления не играет существенной роли в общем сопротивлении выработки и учитывается общим аэродинамическим коэффициентом α (см. уравнение 11.9). Наибольшее значение коэффициента лобового сопротивления в шахтных условиях имеют расстрелы в вертикальных стволах. При большой глубине стволов потеря депрессии в них, вызванная большим лобовым сопротивлением их армировки, может в несколько раз превышать депрессию остальной части горных выработок шахты. Применение расстрелов и обтекателей аэродинамически совершенной формы (гексагональной, овальной, каплевидной) позволяет уменьшить величину депрессии стволов в 2÷2,5 раза.

12.4 Единицы сопротивления.

Эквивалентное отверстие

При известных параметрах выработки аэродинамическое сопротивление ее может быть подсчитано по формуле:

$$R = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}, \text{ кг·сек}^2/\text{м}^8. \quad (11.13)$$

На существующих шахтах величина вентиляционного сопротивления может быть определена по результатам замеров депрессии (h) выработки и количества воздуха (Q), проходящего по ней:

$$R = \frac{h}{Q^2} \cdot \left(\frac{\text{кг/м}^2}{\text{м}^3} = \text{кг} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}^8 \right). \quad (11.14)$$

Из выражения (11.14) следует, что сопротивлением, равным единице, могут обладать различные выработки в зависимости от соотношения величин h и Q . Единицей сопротивления принято считать сопротивление выработки, через которую при депрессии $h=1$ мм вод. ст. проходит $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ воздуха. Эта величина получила название киломюрг ($\text{к}\mu$).

Таким сопротивлением обладают выработки большой длины, поэтому при расчетах почти всегда величина R численно меньше единицы. Для удобства пользования при расчетах введена в тысячу раз меньшая единица, называемая мюргом и обозначаемая μ ($\text{К}\mu = 1000 \mu$).

Для оперативного управления вентиляцией шахты, разработки мероприятий по реконструкции вентиляции и составления программ для автоматического регулирования дебита воздуха по горным выработкам необходимо знать величины их аэродинамического сопротивления.

Наиболее полное представление о состоянии проветривания шахт дает величина их эквивалентного отверстия, которая характеризует сопротивление всей шахтной сети вентиляционных выработок и выражена в квадратных метрах.

Эквивалентным отверстием называется такое воображаемое отверстие в тонкой стенке, через которое при депрессии, равной депрессии шахты, проходит такое же количество воздуха, как и через шахту.

Если рассмотреть сечение I-I на значительном расстоянии от стенки (рис. 11.2), то скорость движения воздуха в нём будет равна нулю ($v_1=0$). В сечении II—II, расположенном в окне, где струя наиболее сжата и имеет скорость v_2 , согласно уравнению Бернулли, можно записать равенство:

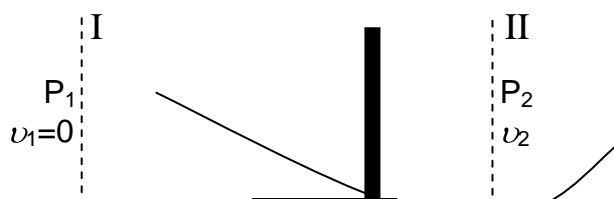
$$P_1 + \frac{v_1^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g} = P_2 + \frac{v_2^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}. \quad (11.15)$$

Так как $v_1 = 0$, а величина потери напора (h) в окне равна живой силе потока $\frac{v_2^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}$, получим:

$$h = P_1 - P_2 = \frac{v_2^2 \cdot \gamma}{2 \cdot g}, \text{ кг/м}^2, \quad (11.16)$$

откуда

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{\gamma}}, \text{ м/сек.} \quad (11.17)$$



I

II

Рисунок 11.2 – Схема к выводу формулы эквивалентного отверстия

Площадь окна $A = \frac{Q}{k \cdot v}$. Если подставить значение v_2 из уравнения (11.17)

$$A = \frac{Q}{k \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{\gamma}}}, \quad (11.18)$$

где k - коэффициент сжатия струи. $k = \frac{A'}{A}$ (см. рис. 11.2).

Подставив значение $\gamma = 1,2 \text{ кг/м}^3$ и $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$, получим выражение:

$$A = 0,38 \cdot \frac{Q}{\sqrt{h}} \quad (11.19)$$

и заменив h через $R \cdot Q^2$, получим:

$$A = \frac{0.38}{\sqrt{R}}. \quad (11.20)$$

Из формулы (11.20) видно, что эквивалентное отверстие не зависит от депрессии и количества воздуха, а зависит от аэродинамического сопротивления выработок шахтной сети.

По величине эквивалентного отверстия и сложности проветривания все шахты разделяются на три группы: труднопроветриваемые - до 1 м^2 , среднепроветриваемые - от 1 до 2 м^2 и легкопроветриваемые - свыше 2 м^2 . Эти величины правильно отражают состояние проветривания шахт в том случае, если внешние и внутренние утечки воздуха незначительны и не превышают принятых норм. В противном случае эквивалентное отверстие шахты не характеризует фактического состояния ее проветривания и во многих случаях в $1,5 \div 2$ раза больше полученного по расчету.

Связь между параметрами вентиляционного сопротивления в зависимости от принятых единиц измерения представлена в табл. 11.1

Таблица 11.1

Параметры и единицы их измерения	Выражения для определения параметров	Соотношения между параметрами			
		$K\mu$	μ	A	h
R, $K\mu$	$\alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}$	-	$\frac{\mu}{1000}$	$\frac{0,144}{A^2}$	$R \cdot Q^2$
R, μ	$1000\alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}$	$1000 \cdot R$	-	$\frac{144}{A^2}$	$\frac{\mu \cdot Q^2}{1000}$
A, m^2	$\frac{0,38}{\sqrt{\alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3}}}$	$\frac{0,38}{\sqrt{R}}$	$\frac{12}{\sqrt{\mu}}$	-	$0,144 \cdot \frac{Q^2}{A^2}$

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971 (1978).- 376 с.
2. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.

13.1 Вентиляционная сеть. Вентиляционный план. Элементы шахтной вентиляционной сети.

Цель изучения темы:

Дать основные понятия о шахтной вентиляционной сети и ее элементах. Изучить законы расчета вентиляционных сетей.

**13.1 Вентиляционная сеть. Вентиляционный план.
Элементы шахтной вентиляционной сети**

Совокупность связанных между собой горных выработок шахты, по которым движется воздух, называется вентиляционной сетью. Вентиляционные сети шахт изображаются в виде планов и схем. Вентиляционным планом называется вычерченный в масштабе план горных выработок, на котором стрелками указано направление движения воздуха (рис.12.1). На шахтных вентиляционных планах указываются также скорость и количество воздуха в выработке, ее сечение, места расположения замерных станций и др.

Вентиляционный план необходим для контроля проветривания шахты, а также служит источником ряда данных для расчета вентиляции (длина выработок, их сечение, места утечек и т.п.). При расчетах вентиляционный план может быть заменен вентиляционной или аэродинамической схемой, представляющей собой упрощенное внемасштабное изображение вентиляционной сети, в котором взаимное расположение элементов, соответствующих путям движения воздуха, тождественно их расположению в шахте (рис. 12.2). Обычно на схемах вентиляции изображаются только выработки, по которым движется воздух; для точных расчетов на них указываются также и пути утечек (штриховые линии на рис. 12.2).

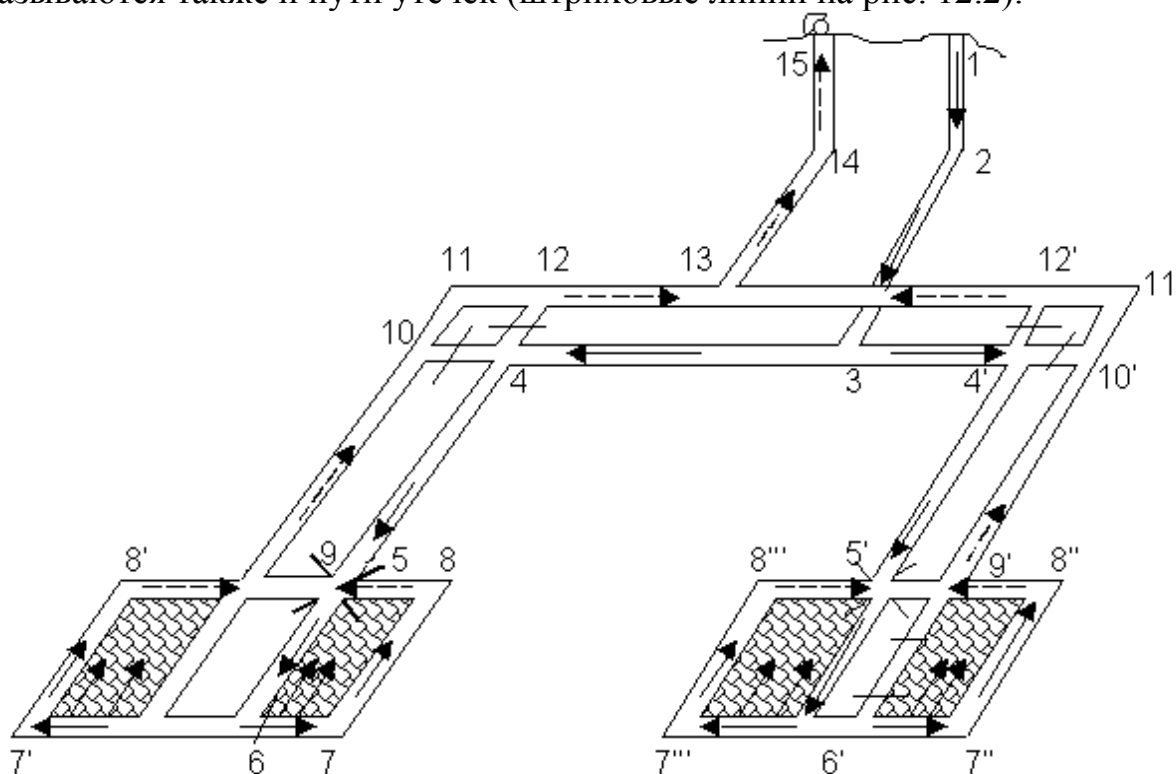


Рисунок 12.1 – Пример вентиляционного плана шахты

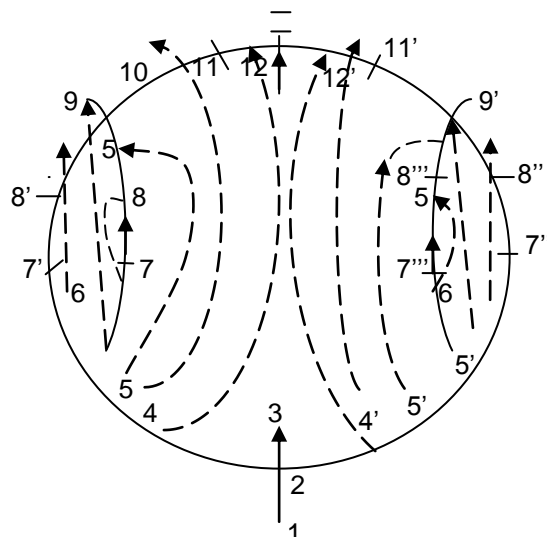


Рисунок 12.2 – Пример вентиляционной схемы шахты

Места соединения трех и более выработок называются узлами сети (точки 3, 6, 6', 9, 9', 13 на рис 12.2). Выработка (или цепь последовательно соединенных выработок), соединяющая два узла, называется ветвью (участки 1-2-3, 3-4-5-6, 6-7-8-9, 9-10-11-12-13, 13-14-15). Часть схемы, ограниченная со всех сторон ветвями и не содержащая ветвей внутри себя, называется элементарным контуром или ячейкой (участки 6-7-8-9-8'-7'-6 и т.п.).

Все вентиляционные сети шахт делятся на два основных класса: плоские и объемные (пространственные).

Плоской называется сеть, которую можно изобразить на плоскости так, что ее ветви будут пересекаться только в узлах. Если же ветви сети пересекаются и на участках между узлами (т.е. появляются дополнительные узлы, отсутствующие в натуре), то для устранения этих лишних пересечений схеме придают объемный характер, и такие сети называются объемными.

Для любой замкнутой сети справедливо соотношение Эйлера:

$$L = M + N - 1, \quad (12.1)$$

где L – число ветвей;

M – число ячеек или число независимых контуров;

N – число узлов в сети.

В зависимости от взаимного расположения выработок в схеме различают три основных вида соединений: последовательное, параллельное и диагональное (рис 12.3). При последовательном соединении конец предыдущей выработки соединяется с началом последующей, при параллельном соединении выработки имеют общие точки начала и конца; при диагональном соединении выработки между их общим началом и концом соединяются одна с другой одной или несколькими диагоналями. Если между диагоналями нет аэродинамической связи, соединение называется простым диагональным, если такая связь существует – сложным.

В вентиляционных схемах современных шахт, как правило, сочетаются все основные виды соединений.

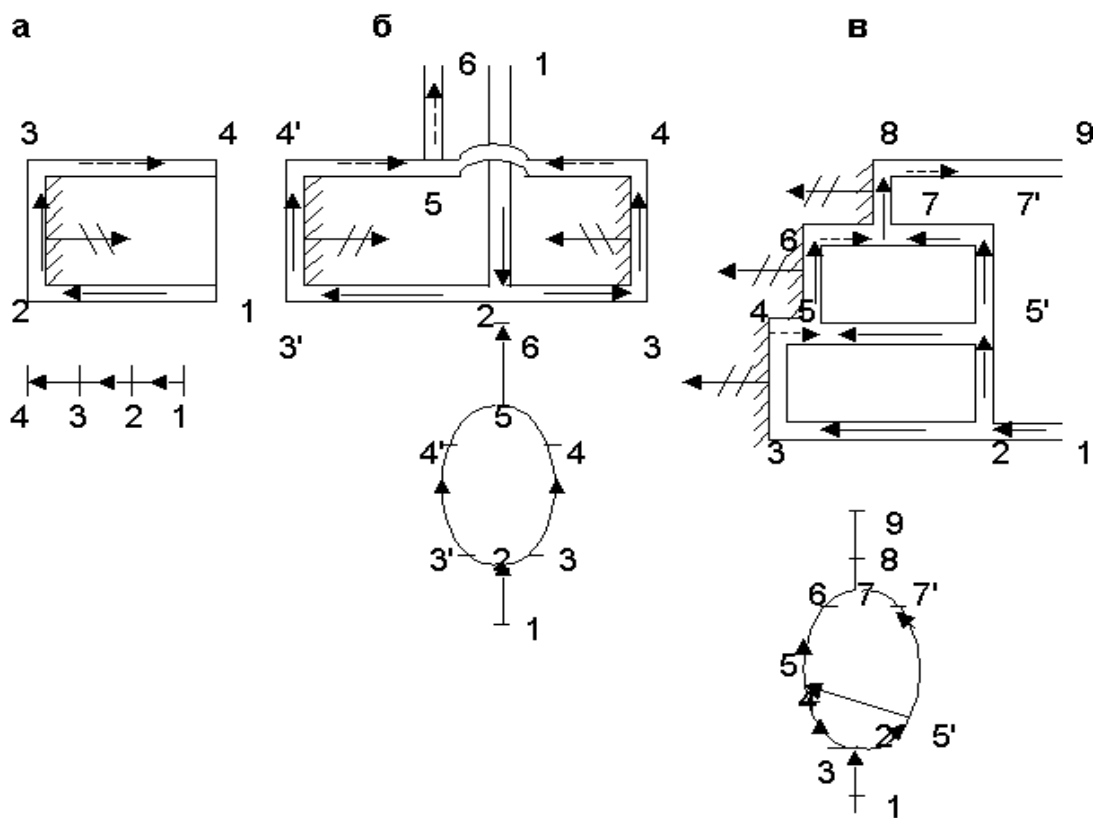


Рисунок 12.3 – Пример вентиляционных планов и схем
а – последовательное соединение горных выработок;
б – параллельное соединение;
в – однодиагональное;
1-9 – точки начала и конца выработок.

Основной задачей исследования вентиляционных сетей является: нахождение распределения воздуха по их ветвям; в ряде случаев требуется также определить общее сопротивление сети.

Методы расчета шахтных вентиляционных сетей

14.1 Законы расчета шахтных вентиляционных сетей

Цель изучения темы: Изучить законы расчета вентиляционных сетей.

14.1. Законы расчета шахтных вентиляционных сетей

При движении воздуха по шахтным вентиляционным сетям действуют закон сохранения массы и закон сохранения энергии.

Согласно закону сохранения массы сумма масс воздуха, подходящих к узлу в единицу времени, должна быть равна сумме масс, уходящих от узла в единицу времени. Поскольку удельный вес воздуха в районе узла практически не меняется, вместо масс можно оперировать расходами воздуха Q . Для схемы рис. 12.4 имеем

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5$$

или

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 0$$

($Q > 0$, если воздух притекает к узлу, и $Q < 0$, если воздух вытекает из узла).

В общем виде:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0, \quad (12.2)$$

где n – число ветвей, соединяющихся в узле;

i – номер подходящей к узлу ветви.

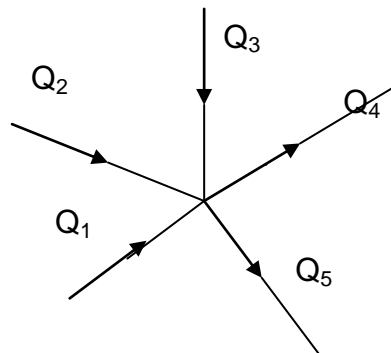


Рисунок 12.4 – Узел вентиляционной сети

Соотношение (12.2) является математическим выражением первого закона сетей.

Рассмотрим изменение энергии в каком – либо контуре, например, 1-2-3-4-5 на рис. 12.5. Совершим полный его обход по часовой стрелке от точки 1. Вследствие однозначности давления в любой точке сети, общее падение давления на пути 1-2-3-4-5-1:

$$\Delta p_{1-2-3-4-5-1} = 0. \quad (12.3)$$

Учитывая, что на пути 1-2-3-4 давление падает (направление обхода совпадает с направлением движения воздуха), а на пути 4-5-1 – возрастает (направление обхода противоположно направлению движения), имеем:

$$\Delta p_{1-2-3-4} = \Delta p_{4-5-1}. \quad (12.4)$$

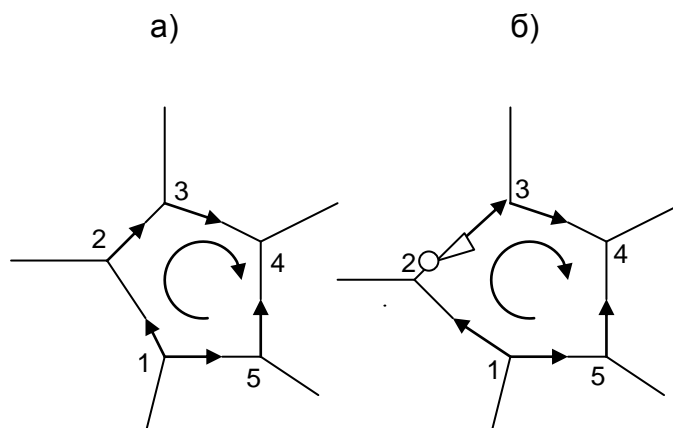


Рисунок 12.5 – Контур вентиляционной сети:

- а) без источника энергии в контуре;
- б) с источником энергии в контуре.

Но:
$$\Delta p_{1-2-3-4} = \Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3} + \Delta p_{3-4} = h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4};$$

$$\Delta p_{4-5-1} = \Delta p_{4-5} + \Delta p_{5-1} = h_{4-5} + h_{5-1},$$

где h – депрессия соответствующей ветви.

Следовательно, согласно соотношению (12.4):

$$h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4} = h_{4-5} + h_{5-1}.$$

Поскольку $h > 0$, если движение воздуха в ветви совпадает с направлением обхода, и $h < 0$, если они противоположны, имеем в общем виде:

$$\sum_{i=1}^n h_i = 0, \quad (12.5)$$

где i – номер ветви.

Следовательно, алгебраическая сумма депрессий всех ветвей замкнутого контура, не содержащего энергии, равна нулю.

Соотношение (12.5) выражает второй закон сетей или закон сохранения энергии в сети, называемый также законом однозначности напоров.

Если в контуре имеется один или несколько источников энергии (вентилятор, естественная тяга и др.), каждый с удельной энергией (депрессией) h_{ij} , то суммарная потеря энергии в контуре будет равна ее поступлению от этих m источников:

$$\sum_{i=1}^n h_i = \sum_{j=1}^m h_{ij}. \quad (12.6)$$

Как видно, первый и второй законы вентиляционных сетей тождественны первому и второму закону Кирхгофа для электрических сетей.

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- Недра, М.:Недра, 1971.- 376 с.
2. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.

Лекция № 15

Виды вентиляционных соединений и их расчет

15.1 Последовательное, параллельное и диагональное вентиляционные соединения.

15.2 Расчет сложного параллельного соединения.

Цель изучения темы

Изучение элементарных видов вентиляционных соединений и методов их расчета.

15.1 Последовательное, параллельное и диагональное вентиляционные соединения

Последовательное соединение выработок. Общее сопротивление $R_{\text{общ}}$, депрессия $H_{\text{общ}}$ и эквивалентное отверстие $A_{\text{общ}}$ соединённых последовательно n выработок:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n; \quad (13.1)$$

$$H_{\text{общ}} = h_1 + h_2 + \dots + h_n; \quad (13.2)$$

учитывая, что $A = \frac{0,38}{\sqrt{R}}$, из уравнения 13.1 следует равенство:

$$\frac{1}{A_{\text{общ}}^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \dots + \frac{1}{A_n^2} \quad (13.3)$$

где R_i , h_i , A_i – соответственно сопротивления, депрессии, и эквивалентные отверстия выработок, входящих в данное соединение.

Для последовательного соединения из n одинаковых выработок:

$$R_{\text{общ}} = n \cdot R; \quad H_{\text{общ}} = n \cdot h; \quad A_{\text{общ}} = \frac{A}{\sqrt{n}}, \quad (13.4)$$

где R , h , A – соответствующие параметры одной ветви.

Параллельное соединение выработок. При параллельном соединении n выработок (рис.13.1):

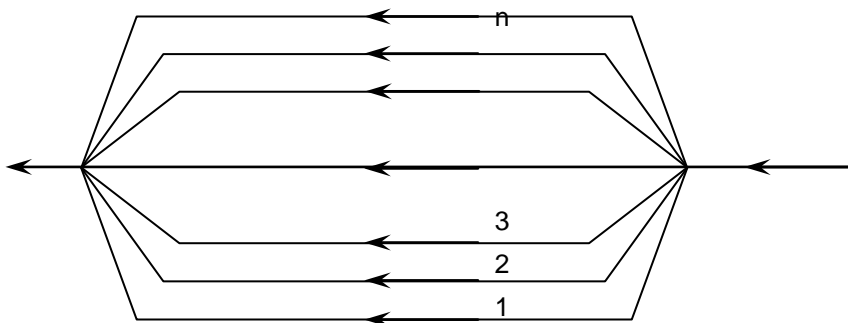


Рисунок 13.1 – Схема параллельного соединения

$$H_{\text{общ}} = h_1 = h_2 = \dots h_n ; \quad (13.5)$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_{\text{общ}}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}} ; \quad (13.6)$$

$$A_{\text{общ}} = A_1 + A_2 + \dots A_n. \quad (13.7)$$

Распределение воздуха в параллельном соединении из двух ветвей определяется по формулам:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} ; Q_1 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}} ; Q_2 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}} \quad (13.8)$$

Расход воздуха в некоторой ветви (обозначаемой как 1-я) параллельного соединения из n ветвей:

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_1}{R_3}} + \dots + \sqrt{\frac{R_1}{R_n}}} . \quad (13.9)$$

Для параллельного соединения из n одинаковых струй (с равными сопротивлениями):

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{n^2} ; H_{\text{общ}} = h ; A_{\text{общ}} = nA, \quad (13.10)$$

где R, h, A – соответствующие параметры одной ветви.

Простое диагональное соединение выработок. Общая депрессия диагонального соединения (между точками А и D, рис. 13.2) определяется по формулам:

$$h_{AD} = h_{AB} + h_{BD} = R_1 Q_1^2 + R_4 Q_4^2 = R_1 Q_1^2 + R_4 (Q_1 - Q_3)^2 ; \quad (13.11)$$

$$h_{AD} = h_{AC} + h_{CD} = R_2 Q_2^2 + R_5 Q_5^2 = R_2 Q_2^2 + R_5 (Q_2 + Q_3)^2 . \quad (13.12)$$

Общее аэродинамическое сопротивление (между точками А и D):

$$R_{AD} = \frac{R_2 x^2 + R_5 (1+x)^2}{(x+y+1)^2}, \quad (13.13)$$

$$\text{где } x = \frac{Q_2}{Q_3} ; y = \frac{Q_4}{Q_3} .$$

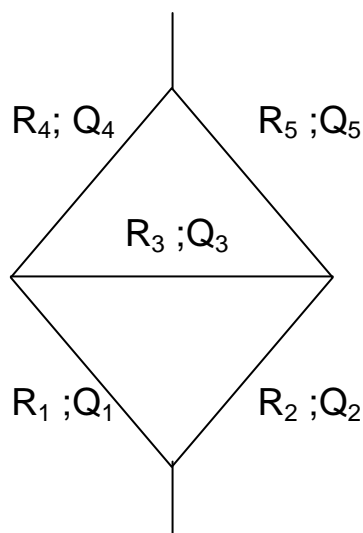


Рисунок 13.2 – Схема простого диагонального соединения

При известном R_{AD} общая депрессия диагонального соединения:

$$h_{AD} = R_{AD} \cdot Q^2. \quad (13.14)$$

Направление движения воздуха в диагонали BC происходит от B к C при $R_2/R_1 > R_5/R_4$ и от C к B при $R_2/R_1 < R_5/R_4$. При $R_2/R_1 = R_5/R_4$ движение отсутствует.

В первых двух случаях распределение воздуха по ветвям простого диагонального соединения определяется графоаналитически, способом последовательных приближений или с помощью какого-либо вычислительного устройства; в третьем случае – по формулам параллельного соединения, получающегося при изъятии диагонали BC.

Параллельно-последовательное соединение выработок. Распределение воздуха в соединении из четырёх ветвей (0, 1, 2, 3, рис. 13.3.):

$$\left. \begin{aligned} Q_0 &= Q_{\text{общ}} \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}} \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}}}; & Q_1 &= Q_0 \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}; \\ Q_2 &= \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}}}; & Q_3 &= Q_2 \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}} \end{aligned} \right\} (13.15)$$

где R_0, R_1, R_2, R_3 – сопротивления соответствующих ветвей;
 R_{012} – общее сопротивление соединения, состоящего из ветвей 0, 1, 2.

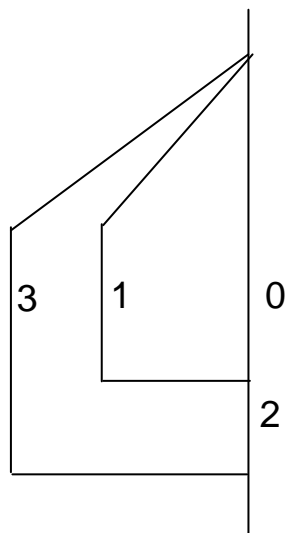


Рисунок 13.3 – Схема параллельно-последовательного соединения

Депрессия соединения:

$$H = Q_0^2 \cdot \left[R_0 + R_2 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{R_0}{R_1}} \right)^2 \right]. \quad (13.16)$$

15.2. Расчет сложного параллельного соединения

Сложные соединения. Сложными называются такие диагональные соединения, диагонали которых аэродинамически связаны между собой. Диагоналями будем называть внутренние ветви, связывающие между собой внешние (окаймляющие) ветви соединения. Так, на рис. 13.4. внешними являются ветви 1 – 2 – 3 – 4 и 1 – 5 – 6 – 4, а диагоналями – 2 – 7 – 8 – 6, 2 – 7 – 5, 5 – 7 – 8 – 3, 3 – 8 – 6.

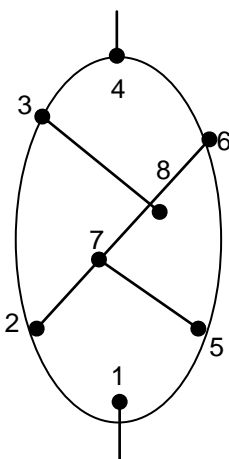


Рисунок 13.4 – Схема сложного соединения

Движение воздуха в сложных соединениях подчиняется тем же основным законам, что и в простых соединениях. Однако, точный аналитический расчёт сложных соединений невозможен. Для их расчёта применяют различные приближенные методы, из которых наиболее распространёнными являются метод последовательных приближений (итерации) и метод линеаризации. Имеются также

методы, основанные на эквивалентном преобразовании сложных соединений в простые.

Метод последовательных приближений (итераций). Может применяться для расчёта вентиляционных сетей с числом ветвей до 1000.

При методе итераций задаются общий расход в соединении Q_0 и сопротивления ветвей R_i ; требуется определить расходы в ветвях Q_i .

Сущность метода состоит в следующем. Первоначально произвольно принимают распределение воздуха в сети по величине и направлению. Затем для каждого независимого контура определяют сумму депрессий его ветвей (см. лекцию 12, уравнения 12.5 или 12.6). Ввиду произвольности принятого распределения воздуха, эти суммы в общем случае будут отличны от нуля на величину Δh . Невязка Δh будет тем больше, чем больше отличается принятое распределение расходов от истинного. Поэтому по величине Δh можно определить невязку расходов ΔQ для каждого контура. Суммируя первоначально принятые расходы в ветвях с полученной невязкой ΔQ , определяют первое приближение для расходов. Затем снова определяют Δh и ΔQ и аналогично определяют второе приближение для Q_i , и так далее до тех пор, пока отличие между n -м и $(n+1)$ -м приближением для Q_i не будет достаточно малым.

Очевидно, невязка депрессии в контуре будет:

$$\Delta h = \sum_{i=1}^l R_i \cdot Q_i^2, \quad (13.17)$$

где l - число ветвей в контуре;
 i - номер ветви.

Чтобы определить невязку расхода ΔQ по невязке депрессии Δh , надо знать величину невязки депрессии, соответствующую изменению расхода на единицу, т.е. производную $h' = \frac{d(\Delta h)}{dQ}$. Из уравнения (13.17):

$$h' = \frac{d(\Delta h)}{dQ} = 2 \cdot \sum_{i=1}^l R_i Q_i. \quad (13.18)$$

Очевидно, что общее изменение расхода ΔQ , соответствующее полной невязке депрессии Δh , будет $\Delta Q = \frac{\Delta h}{|h'|}$ или, с учетом уравнений (13.17) и (13.18):

$$\Delta Q = \frac{\Delta h}{2 \cdot \sum_{i=1}^l |R_i Q_i|} = \frac{\sum_{i=1}^l R_i Q_i^2}{2 \cdot \sum_{i=1}^l |R_i Q_i|}. \quad (13.19)$$

Выражение (13.19) справедливо для контура без источников энергии. Если в контуре имеются источники энергии (например, вентиляторы) с характеристиками $h_{\text{и}} = \varphi(Q)$, то выражение (13.19) обобщается:

$$\Delta Q = \frac{\Delta h}{\left| \frac{d(\Delta h)}{dQ} \right|} = \frac{\sum_{i=1}^l [R_i Q_i^2 - \text{sign}(\varphi_i) \varphi_i(Q)]}{\frac{d}{dQ} \cdot \sum_{i=1}^l [R_i Q_i^2 + |\varphi_i(Q)|]} = \frac{\sum_{i=1}^l [R_i Q_i^2 - \text{sign}(\varphi_i) \varphi_i(Q)]}{\sum_{i=1}^l \left[2R_i Q_i + \left| \frac{d\varphi_i(Q)}{dQ} \right| \right]} \quad (13.20)$$

В уравнении (13.20) $\text{sign}(\varphi_i)=+1$, если направление действия источника тяги совпадает с направлением движения воздуха в ветви; $\text{sign}(\varphi_i)=-1$, если их направления противоположны.

Для ускорения сходимости итераций распределение воздуха в сети следует задавать так, чтобы оно было возможно ближе к истинному распределению.

Новый расход воздуха в ветвях контура определяется суммированием ранее вычисленного (или заданного) расхода $Q_{i(n)}$ с невязкой $\Delta Q_{(n+1)}$, принимаемой одинаковой для всех ветвей контура (n - порядок приближения):

$$Q_{i(n+1)} = Q_{i(n)} \pm \Delta Q_{(n+1)}. \quad (13.21)$$

Если $\Delta h < 0$, это означает, что сумма отрицательных депрессий в контуре больше, чем положительных. Для их уравнивания надо уменьшить на ΔQ расходы в ветвях с отрицательной депрессией и увеличить на ΔQ расходы в ветвях с положительной депрессией. При $\Delta h > 0$ поступают наоборот. Если данная ветвь входит в два контура, то ее результирующая невязка по расходу равна алгебраической сумме невязок расходов первого и второго контуров.

Метод линеаризации заключается в приближенной замене квадратных уравнений линейными.

Сущность метода состоит в том, что система линейных и нелинейных уравнений, определяющая воздухораспределение в сети и записанная для всех ее узлов и контуров:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n Q_i &= 0; \\ \sum_{i=1}^n R_i \cdot Q_i^2 - \sum_{j=1}^m h_{uj} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (13.22)$$

где n , m - соответственно число ветвей и источников тяги в контуре;

i - номер ветви;

j - номер источника тяги, заменяется системой линейных уравнений.

Замена производится обычно по методу Ньютона, согласно которому система, эквивалентная (13.22) имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \Delta Q_i &= 0; \\ \sum_{i=1}^n 2 \cdot R_i \cdot Q_{i(0)} \cdot \Delta Q_i - \sum_{j=1}^m \frac{d h_{uj}(Q_{i(0)})}{dQ} \Delta Q_i &= \Delta h_{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (13.23)$$

где ΔQ_i – искомое приращение для определения точного значения расхода;

$Q_{i(0)}$ – начальное приближенное значение расхода воздуха i -й ветви;

$\frac{d h_{ij}(Q_{i(0)})}{dQ}$ – производная по Q от функции $h_{ij}(Q)$, вычисленная

для $Q=Q_{i(0)}$;

$\Delta h_{(0)}$ – невязка депрессии в контуре при $Q=Q_{i(0)}$.

Система (13.23) получается, если исходную систему (13.22) записать вначале для $Q_i=Q_{i(0)}$, затем для Q_i , после чего из уравнений для Q_i вычесть соответствующие уравнения для $Q_{i(0)}$, отбросив при этом члены второго порядка малости, содержащие $\Delta Q_i^2=(Q_i-Q_{i(0)})^2$.

Недостатком метода линеаризации является невозможность использования его при ручном счете для сетей со значительным числом ячеек ввиду трудности решения системы многих уравнений.

Квадратные уравнения контуров $h=R \cdot Q^2$ можно линеаризовать уравнениями $h=a \cdot Q+b$. Ошибка аппроксимации f связана с возможными пределами изменения депрессии ветви ($h_1 \leq h \leq h_2$) соотношением:

$$h_1 = \left(\frac{1 - \sqrt{f}}{1 + \sqrt{f}} \right)^4 h_2.$$

Литература

1. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
2. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

Лекция № 16

Расчет сложных вентиляционных соединений

16.4 Преобразования треугольника в звезду.

16.2. Графические методы расчета вентиляционных сетей.

Цель изучения темы:

Изучение аналитических методов расчета сложных вентиляционных соединений.

16.1 Преобразование треугольника в звезду

Преобразование треугольника в звезду основано на эквивалентной замене треугольника ABC (рис. 16.1) звездой АОВС, при которой режим проветривания остальной части схемы не нарушается. Этот метод позволяет преобразовывать некоторые виды сложных соединений в простые.

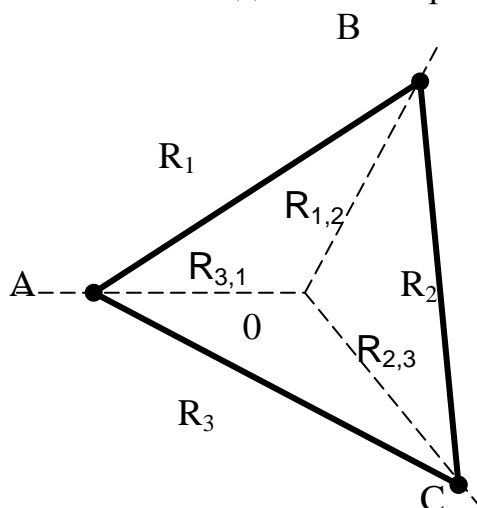


Рисунок 16.1 – Преобразование треугольника в звезду

Если, преобразуя треугольник в звезду, предположить, что воздух движется от А к В двумя параллельными путями: АВ и АСВ, то общее сопротивление треугольника в этом случае будет равно общему сопротивлению параллельных ветвей АВ и АСВ. Для звезды общее сопротивление при движении воздуха по пути АОВ будет равно сумме сопротивлений ветвей АО и ОВ. Чтобы замена треугольника на звезду не вызывала изменения режима вентиляции во внешней, по отношению к треугольнику, сети, надо, чтобы эти сопротивления были равны, т.е.

$$\frac{R_1}{\left(1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2 + R_3}}\right)^2} = R_{3,1} + R_{1,2}.$$

Аналогичные соотношения получим для движения воздуха от А к С и от С к В. Из этих трех соотношений определяются три неизвестных сопротивления звезды $R_{1,2}$, $R_{2,3}$, $R_{3,1}$.

На рис. 16.2 изображена последовательность расчета по рассматриваемому методу.

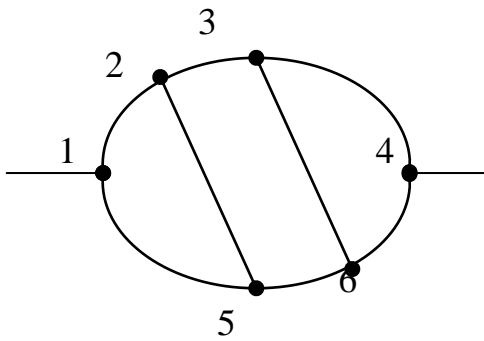
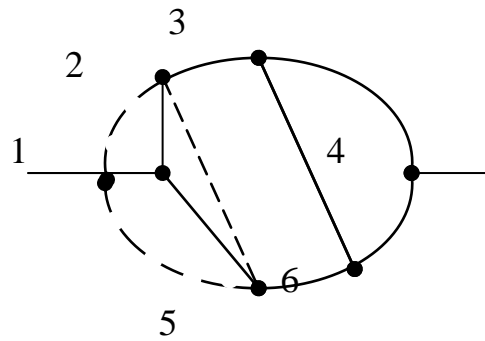
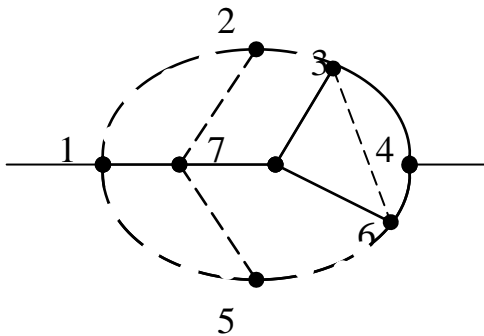
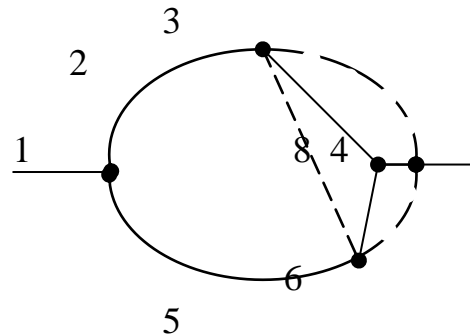
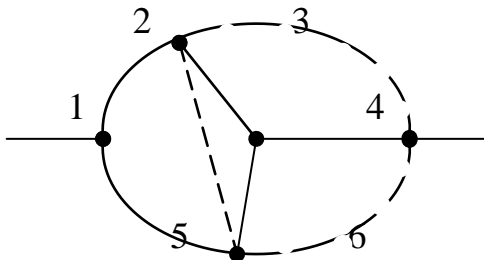
а**б****в****г****д**

Рисунок 14.2 – Пример расчета двухдиагонального соединения методом преобразования треугольника в звезду:
а-д - стадии преобразования.

После сведения исходной схемы (рис. 16.2, а) вначале к виду, изображенному на рис. 16.2, б, а затем к схеме (рис. 16.2, в),

обычным способом определяют расходы в параллельных ветвях 7-3-4 и 7-6-4.

Расход в диагонали 3-6 определяется как разность расходов в ветвях 8-3-1 (см. рис. 16.2,г) и 7-3-4 (см. рис. 16.2, в), а в диагонали 2-5 – как разность расходов в ветвях 8-3-1 (см. рис. 16.2, г) и 1-2 (см. рис. 16.2, д).

В некоторых случаях для упрощения сетей бывает полезно произвести обратное преобразование - звезды и треугольник.

Общая депрессия сложного соединения определяется как алгебраическая сумма депрессий выработок, соединяющих точки начала и конца соединения.

Общее сопротивление сложного соединения при известной его депрессии h и общем расходе воздуха в соединении Q_0 :

$$R = \frac{h}{Q_0^n};$$

для квадратичного закона сопротивления в соединении ($n=2$):

$$R = \frac{h}{Q_0^2}.$$

16.2. Графические методы расчета вентиляционных сетей

Графические методы имеют подчиненное значение в теории естественного воздухораспределения в сетях. Они, однако, находят широкое применение при решении задач, связанных с работой вентиляторов на сеть, что объясняется отсутствием точных аналитических описаний характеристик современных вентиляторов.

Иногда графический метод используется совместно с аналитическим. В этом случае его еще называют графо – аналитическим.

Расчет воздухораспределения в простом параллельном соединении. Метод предложен П.И. Мустелем и основан на равенстве депрессий всех параллельных ветвей.

Для решения необходимо знать сопротивление ветвей R_0 и общее количество воздуха Q_0 . Согласно уравнению (16.1), определяется общее сопротивление соединения и его депрессия $h_{\text{пар}} = R_{\text{пар}} Q_0^2$. Затем в координатах Q, h строят характеристики всех ветвей соединения и проводят прямую, параллельную оси OQ и пересекающую ось Oh в точке $h = h_{\text{пар}}$ (рис.16.3). Точки пересечения характеристик параллельных ветвей с этой прямой определяют расходы воздуха в ветвях Q_i :

$$R_{\text{пар}} = \frac{R_m}{\left[\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{R_m}{R_i}} \right]^2}, \quad (14.1)$$

где n – количество ветвей в соединении;

m – соответствует номеру ветви, для которой производятся расчеты.

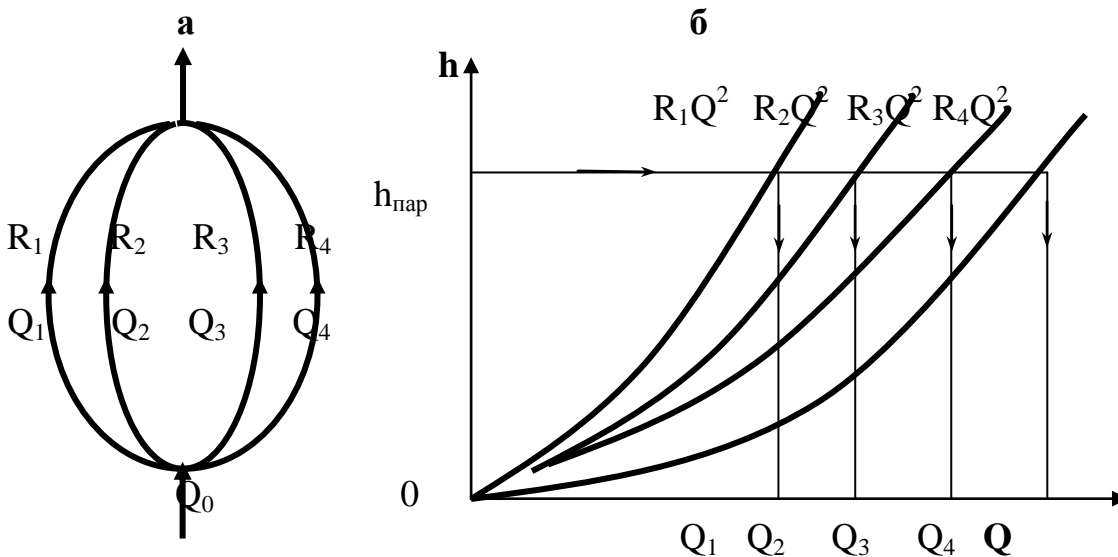


Рисунок 16.3 – Графическое определение воздухораспределения в простом параллельном соединении:
а – схема соединения; б – решение.

Лекция № 17

Анализ работы вентиляторов на вентиляционную сеть

17.1 Работа одного вентилятора на сеть. Характеристика вентилятора и сети в графическом и аналитическом выражении.

15.2 Совместная работа вентиляторов.

Цель изучения темы

Освоение методов анализа работы вентиляторов на сеть.

17.1 Работа одного вентилятора на сеть. Характеристика вентилятора и сети в графическом и аналитическом выражении

Основными параметрами, характеризующими работу вентилятора, являются его производительность Q , м³/с и развиваемый напор или разрежение /депрессия/ H , Па.

Производительность любого вентилятора изменяется в зависимости от напора или депрессии, которые ему приходится развивать для преодоления аэродинамического сопротивления вентиляционной сети. В практике принято выражать зависимость депрессии /напора/ вентилятора от его производительности.

$$H=f(Q). \quad (15.1)$$

Эта зависимость называется характеристикой вентилятора и обычно выражается графически, так как современное состояние теории турбомашин, к которым относятся вентиляторы, не позволяет составить аналитическое уравнение его характеристики по известным конструктивным и эксплуатационным параметрам. Вследствие этого основную роль в анализе работы вентилятора на сеть играют графические методы расчетов, которые в некоторых случаях удается заменить аналитическими. Характеристика вентилятора представляет собой кривую в координатах Q , H (рис. 15.1), которое является уравнением характеристики вентиляционной сети. Совместным решением системы уравнений (15.1) и (15.2) определяют Q и H , т.е. общую подачу воздуха в сеть Q , равную производительности вентилятора, и общую депрессию сети H , равную депрессии (напору) вентилятора. На одном чертеже в одном масштабе строятся характеристики вентилятора и сети. Характеристика вентилятора берется из паспортных данных, а характеристика сети рассчитывается согласно уравнению (15.2). Координаты точки пересечения обеих кривых определяют искомые величины Q и H .

Зависимость депрессии от расхода воздуха для любой вентиляционной сети выражается уравнением:

$$H=R \cdot Q^2, \quad (15.2)$$

Все графические построения, связанные с анализом работы вентиляторов на сеть, выполняются, как правило, в координатах Q , H . Депрессии современных шахтных вентиляторов в большинстве случаев удобнее выражать в килопаскалях /кПа/.

В целях упрощения дальнейшего изложения, оговорим терминологию. Любую точку на плоскости Q , H , определяемую совокупностью двух координат, будем называть вентиляционным режимом. Это понятие можно относить как к вентилятору, так и к любому участку сети, хотя и с несколькими разными смысловыми оттенками. Выражение «вентилятор работает в режиме Q , H » означает, что он имеет производительность Q и развивает при этом депрессию /напор/ H . Выражение «вентиляционный режим сети /или участка сети/ составляет Q , H » означает, что через

сеть /участок/ проходит поток воздуха Q и при этом на преодоление сопротивления сети затрачивается депрессия H .

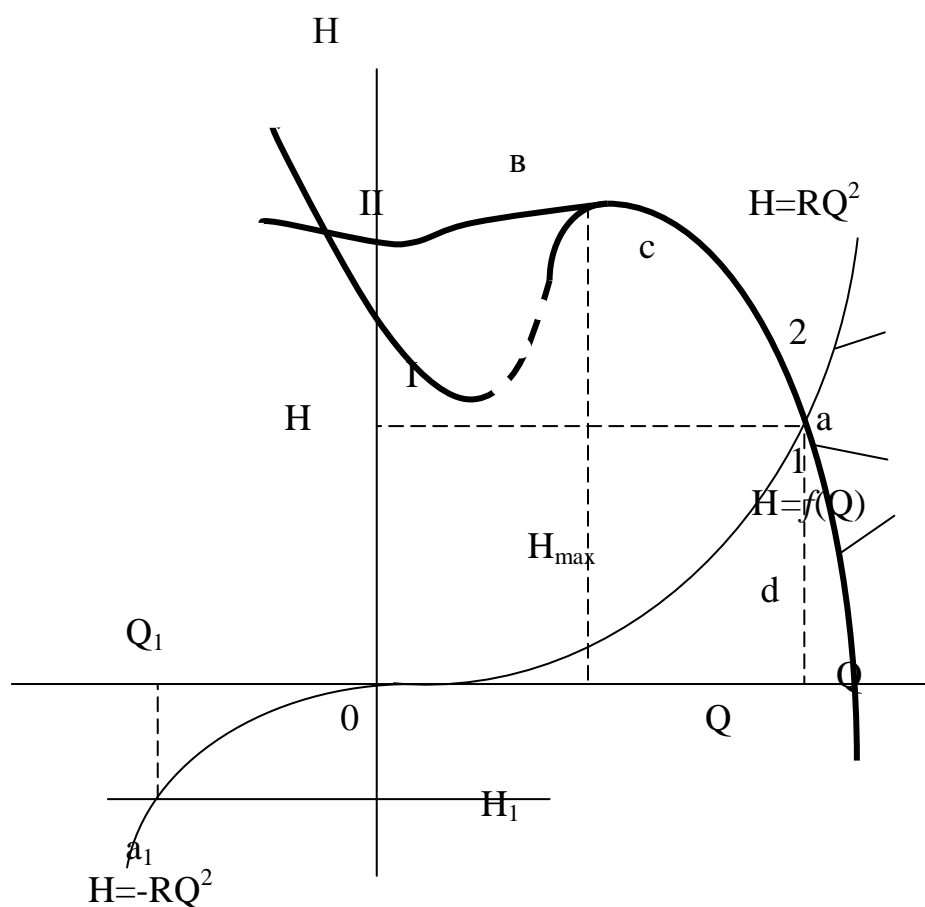


Рисунок 15.1 – Примеры характеристик вентилятора (1) и сети (2)
I, II – зоны неустойчивых режимов соответственно
для осевых и центробежных вентиляторов.

При изменении действия источника тяги, подключенного к данной сети, на противоположное (в частности, при реверсировании вентилятора) изменяется на противоположное и направление движения воздуха в сети, поэтому депрессии сети удобно приписать положительный или отрицательный знак, и характеристику сети при отрицательных расходах изображать параболой, расположенной в III четверти. Тогда расход воздуха в сети под действием отрицательного источника тяги также будет отрицательным. Например, при действии на сеть источника тяги с депрессией $H_1 < 0$ расход в сети Q_1 определится абсциссой точки a_1 (см. рис. 15.1).

Полные характеристики вентиляторов имеют продолжение во II и IV четвертях координатной системы, как показано на рис. 15.1. Эти продолжения представляют интерес в большинстве случаев при теоретическом анализе режимов работы нескольких вентиляторов в сети.

В практических инженерных расчетах с полными характеристиками вентиляторов сталкиваться почти не приходится, потому что они чаще всего не известны. В справочной литературе приводится лишь рабочая часть характеристики вентиляторной установки, представляющая собой участок ниспадающей ветви характеристики в I четверти, ограниченный условиями устойчивой и экономичной работы вентилятора.

Наличие впадины (I) левее максимума характеристики (см. рис. 15.1) создает условия неустойчивых режимов работы вентилятора, при которых возникают произвольные случайные или периодические колебания подачи воздуха в сеть, колебания мощности на валу вентилятора, изменения механической нагрузки на элементы конструкции вентиляторной установки.

Эта неустойчивость особенно отчетливо проявляется для осевых вентиляторов, для которых характерны не только резкие впадины, но и разрывы на характеристиках левее максимума (см. рис. 15.1, кривая I). Для центробежных вентиляторов, характеристики которых имеют более плавный вид (см. рис. 15.1, кривая II), эти явления выражены значительно слабее. В связи с этим не разрешается эксплуатация осевых вентиляторов в режимах, которые находятся вблизи максимума характеристики, что с некоторым запасом определяется накладываемым на максимально допустимую депрессию вентилятора условием:

$$H \leq 0,9 H_{\max}. \quad (15.3)$$

Используется также ограничение максимально допустимого сопротивления сети, на которую может работать данный вентилятор, выражаемое условием:

$$R \leq \frac{R_{\max}}{1,2}. \quad (15.4)$$

Условия уравнений 15.3 и 15.4 ограничивают рабочий участок характеристики осевого вентилятора сверху (точка с).

С другой стороны, вентилятор – машина, КПД которой изменяется в весьма широких пределах в зависимости от режима ее работы. Как правило, КПД уменьшается при перемещении рабочего режима вниз по правой ниспадающей части характеристики. Считается допустимой эксплуатация шахтных вентиляторов главного проветривания в режимах, удовлетворяющих условию:

$$\eta \geq 0,6, \quad (15.5)$$

т.е. при КПД не ниже 60%. Это условие ограничивает рабочий участок характеристики снизу (точка d).

Таким образом, допустимые режимы работы вентилятора заполняют не всю его характеристику, а лишь ее рабочий участок cd, который для осевых вентиляторов ограничивается условиями (15.3) или (15.4) и (15.5).

17.2 Совместная работа вентиляторов

Рассмотрим методы анализа совместной работы вентиляторов, когда заданы параметры их регулирования, известны сопротивления элементов сети и необходимо определить вентиляционный режим. В этом случае при решении задач приходится оперировать частными характеристиками вентиляторов.

С задачами этого типа сталкиваются, например, когда лопасти рабочего колеса или направляющего аппарата раздвинуты на максимальный угол, допустимый конструкцией вентилятора или мощностью установленного двигателя.

Расчет любой схемы проветривания с одним или с несколькими вентиляторами, или вовсе без них всегда связан с анализом системы уравнений, описывающих связь между параметрами вентиляционного режима данной схемы. Эти уравнения составляют на основе двух основных законов вентиляционных сетей и решают либо графически, либо аналитически.

Для любой схемы вентиляции всегда можно составить столько уравнений баланса потоков воздуха, сколько в ней узловых точек, и столько уравнений баланса депрессий, сколько в ней открытых направлений или замкнутых контуров. Рассмотрим простейшие схемы совместной работы: последовательную работу двух вентиляторов (рис. 15.2, а) и параллельную работу двух вентиляторов, установленных на одном стволе (рис.15.2, б).

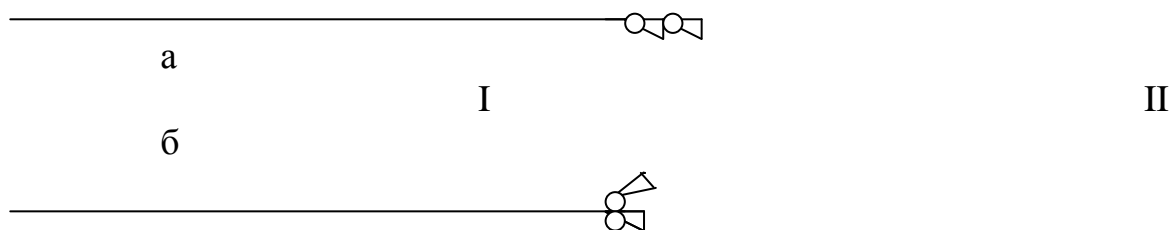


Рисунок 15.2 – Схема последовательной и параллельной работы двух вентиляторов, установленных на одном стволе

Номера вентиляторов будем обозначать римскими цифрами, а параметры их режимов – соответствующими буквами с римскими индексами. Для участков сети будем использовать в этих же целях арабские цифры.

Рабочие участки частных характеристик I и II вентиляторов показаны на рис. 15.3.

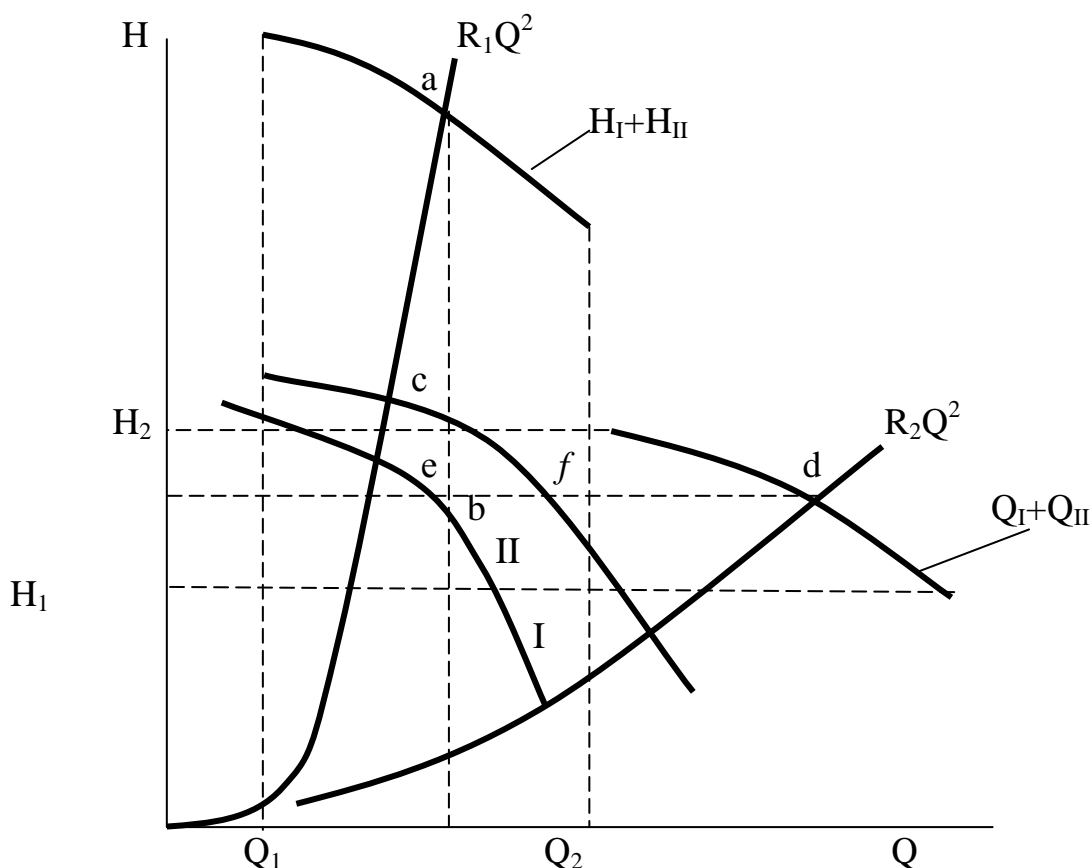


Рисунок 15.3 – Схемы графического определения режимов последовательной и параллельной работы двух вентиляторов, установленных на одном стволе

Требуется определить вентиляционный режим при последовательной работе этих двух вентиляторов на сеть с сопротивлением R_1 по схеме, приведенной на рис. 15.2, а. Вентиляционная схема представлена тремя элементами: сопротивлением и двумя вентиляторами, включенными последовательно. Вследствие этого поток воздуха в сети равен производительности каждого вентилятора. Обозначим через Q_I и

Q_{II} производительность соответственно I и II вентиляторов, а Q – поток воздуха в сети.

Равенство

$$Q=Q_I=Q_{II} \quad (15.6)$$

является основным условием, которому должен удовлетворять искомый вентиляционный режим.

Поскольку в данном случае вентиляционная сеть представлена одной ветвью, то в соответствии со вторым законом сетей ее депрессия должна быть равна сумме депрессий двух вентиляторов. Вследствие того, что и депрессия ветви, и депрессия каждого вентилятора зависят от потока воздуха, который в данном случае не известен, второй закон сетей применительно к данному случаю запишем в виде:

$$R_1 \cdot Q^2 = H_I(Q) + H_{II}(Q), \quad (15.7)$$

где $H_I(Q)$, $H_{II}(Q)$ – уравнения характеристик вентиляторов

Ввиду того, что эти уравнения не известны, а характеристики вентиляторов заданы графически, график правой части можно построить сложением по ординатам графиков $H_I(Q)$ и $H_{II}(Q)$, т.е. I и II линий на рис.15.3. Это сложение имеет смысл лишь в пределах отрезка оси Q , над которым имеются точки одновременно обеих I и II линий (т.е. в данном случае в пределах отрезка $Q_1 Q_2$), так как левее точки Q_1 имеется только одно слагаемое – ординаты I линии, а правее точки Q_2 также одно слагаемое – ординаты II линии.

Выполнив сложение ординат обеих линий в пределах отрезка $Q_1 Q_2$, получим линию $H_I + H_{II}$, которая в данном случае служит рабочим участком характеристики последовательной совместной работы вентиляторов.

График характеристики сети строится непосредственно по уравнению (15.7). Это будет кривая $R_1 Q^2$. Точка а пересечения указанной линии с линией $H_I + H_{II}$ определит в данном случае режим вентиляции сети. Абсциссой этой точки определяются поток воздуха в сети и одновременно производительность каждого вентилятора, а ординатой – общая депрессия сети. Точками b и c, находящимися на пересечении линии равной производительности, проходящей через точку а, с характеристиками обоих вентиляторов, определяются режимы работы соответствующих вентиляторов. В частности, ординатами этих точек определяются депрессии вентиляторов.

Рассчитаем теперь вентиляционный режим при параллельной работе этих вентиляторов. Пусть сеть имеет сопротивление R_2 , а ее характеристика представлена кривой $R_2 Q^2$ на рис. 15.3.

В данном случае депрессии обоих вентиляторов одинаковы и равны депрессии сети, а их производительности складываются и в сумме дают общий поток воздуха в сети. Таким образом, уравнения:

$$H = H_I = H_{II}; \quad (15.8)$$

$$Q_I + Q_{II} = Q \quad (15.9)$$

определяют распределение параметров вентиляционного режима в данной задаче. Все составляющие уравнения (15.9) зависят от депрессии, поэтому его можно записать в виде:

$$Q_I(H) + Q_{II}(H) = Q(H), \quad (15.10)$$

где его члены являются функциями, обратными входящим в (15.7). Графики этих функций – те же I, II кривые и $R_2 \cdot Q^2$. Независимой переменной в этом случае является депрессия, а не производительность. Поэтому график левой части уравнения (15.10) можно построить, задаваясь произвольными значениями депрессии и складывая абсциссы I и II кривых при этих депрессиях.

В результате этого сложения получим кривую $Q_I + Q_{II}$, которая является рабочим участком совместной характеристики I и II вентиляторов при их параллельном включении. Точка d пересечения этой характеристики с характеристикой сети $R_2 \cdot Q^2$ определяет режим проветривания сети. Точками e и f, которые находятся на пересечении линии равной депрессии, проходящей через точку d, с частными характеристиками вентиляторов, определяются рабочие режимы каждого из них. В частности, абсциссы точек e и f равны производительностям соответствующих вентиляторов.

Необходимое и достаточное условие правильности расчета вентиляционной сети – удовлетворительное распределение потоков и депрессий по элементам сети обоим основным законам. При наличии в сети одного или нескольких вентиляторов третье обязательное условие правильности расчетов – расположение точек, определяющих режимы работы вентиляторов, на характеристиках соответствующих вентиляторов, а в случае приближенных решений – достаточно близко от них.

Для того, чтобы убедиться в том, что обе рассмотренные задачи решены правильно, необходимо измерить координаты точек a, b, c, d, e, f в любом масштабе и результаты измерений подставить в (15.7) и (15.9).

Выполнение третьего условия при графических способах решения задач обеспечивается автоматически, в данном случае это видно непосредственно из чертежа.

Отметим одно весьма важное обстоятельство. В обоих рассмотренных случаях подача воздуха в сеть двумя вентиляторами выше той, которую смог бы обеспечить каждый из вентиляторов в отдельности, работая на ту же сеть. Это естественно, так как совместная работа вентиляторов и призвана обеспечить расход в сети больший, чем может работа одного вентилятора.

Однако это увеличение гарантировано только при правильном подборе вентиляторов с учетом сопротивления сети. При использовании вентиляторов с существенно разными характеристиками, включение их на совместную работу может не только не увеличить подачу воздуха в сеть, но наоборот, уменьшить её.

На рис. 15.4,а рассмотрен пример последовательной работы двух вентиляторов с I и II характеристиками на сеть с двумя различными сопротивлениями. С учетом продолжения индивидуальных характеристик вентиляторов в область отрицательных депрессий их суммарную характеристику при последовательной работе можно изобразить линией $H_I + H_{II}$.

При работе этих вентиляторов на сеть высокого сопротивления R подача воздуха в сеть Q будет определяться абсциссой точки a, а режим работы каждого из вентиляторов – соответственно точками b и c. При работе на ту же сеть одного вентилятора I (в данном случае более мощного) его производительность и подача воздуха в сеть определились бы абсциссой точки e и была бы меньше Q.

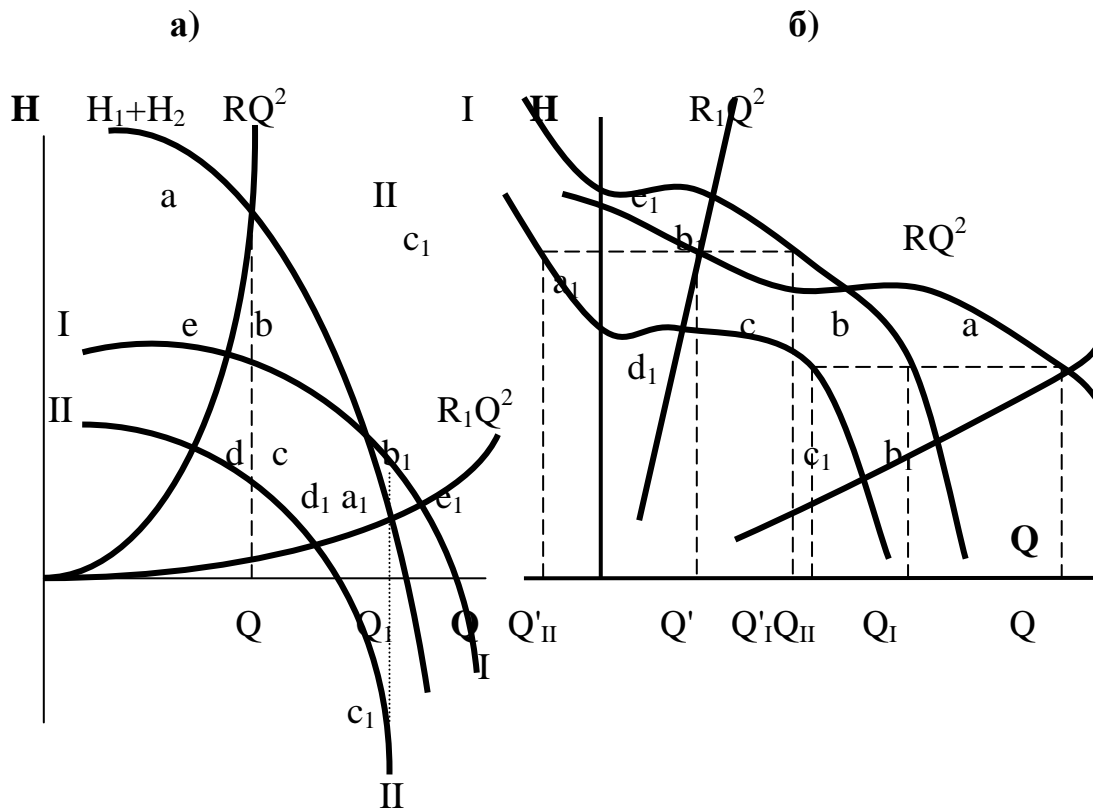


Рисунок 15.4 – Примеры правильного и неправильного подбора вентиляторов для совместной работы
а – последовательной; б – параллельной.

Таким образом, в данном случае подключение к I вентилятору менее мощного II вентилятора способствует увеличению расхода воздуха в сети и технически оправдано.

Иная картина наблюдается при последовательной работе этих вентиляторов на сеть малого сопротивления R_1 . В этом случае общий расход воздуха в сети определится абсциссой точки a_1 и составит Q_1 . Из чертежа следует, что это меньше того, что обеспечил бы на ту же сеть один более мощный I вентилятор /абсцисса точки e_1 /. В данном случае рабочие режимы вентиляторов определяются точками соответственно b_1 и c_1 , из чертежа непосредственно видно, что менее мощный II вентилятор работает с отрицательной депрессией и не помогает I вентилятору, а служит для него дополнительным сопротивлением, вследствие чего ему приходится затрачивать депрессию на преодоление сопротивления сети /выражается ординатой точки a_1 / и нейтрализацию сопротивления II вентилятора /выражается отрезком ab_1 , равным ординате точки c_1 /.

Таким образом, в данном случае подключение к I вентилятору вентилятора второго не только не улучшает, а ухудшает проветривание системы.

Совершенно аналогичное явление может быть и при неправильном подборе вентиляторов для параллельной работы. Соответствующие построения показаны на рис. 15.4, б, откуда следует, что при совместной работе двух вентиляторов на сеть небольшого сопротивления R их общая производительность Q , определяемая абсциссой точки a, больше, чем производительность каждого из них в отдельности на ту же сеть (определяется соответственно абсциссами точек b и c).

При включении этих двух вентиляторов на сеть высокого сопротивления R_1 их суммарная производительность Q будет меньше производительности I вентилятора

на ту же сеть, определяемой абсциссой точки e_1 . В этом случае режимы работы вентиляторов определяются точками b_1 и c_1 .

Из рис. 15.4 следует, что менее мощный II вентилятор работает в режиме отрицательной производительности Q_{II} . Физически это означает, что более мощный I вентилятор в данном случае развивает более высокую депрессию, чем может развить II вентилятор при нулевой производительности, и «перетягивает» последний. Производительность первого вентилятора Q'_I складывается из расхода воздуха в сети Q' и потока, проходящего через II вентилятор против направления его работы, измеряемого абсциссой точки c_1 или равным ей отрезком a_1b_1 .

Из выполненного анализа можно сделать вывод, который является общим правилом. Последовательная работа вентиляторов целесообразна при высоком, а параллельная – при низком сопротивлении вентиляционной сети. Несоблюдение этого правила может приводить к ситуациям, когда подключение второго вентилятора не только не улучшает, а наоборот, ухудшает проветривание.

Литература

3. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
4. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.
5. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

Лекция № 18

Естественная тяга воздуха в шахтах

18.1 Причины, обуславливающие возникновение естественной тяги.

18.2 Измерение величины депрессии естественной тяги на действующих шахтах.

18.3 Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт.

Цель изучения темы

Изучение естественной тяги как одного из факторов, влияющих на состояние проветривания шахт.

18.1 Причины обуславливающие возникновение естественной тяги

Естественной тягой называется движение воздуха под действием естественных причин: различной плотности воздуха, скоростного давления ветра, движения воды. Разность давлений, обусловленная этими причинами, называется депрессией естественной тяги h_e . Естественная тяга в шахтах возникает при наличии нескольких выходов на поверхность; она может проявляться и в отдельных выработках.

Различная плотность воздуха в двух стволах может быть обусловлена различием в температуре, влажности, давлении, химическом составе воздуха. Основным фактором, влияющим на изменение плотности воздуха в шахтах, является температура. По этой причине депрессия естественной тяги в значительной степени зависит от годовых колебаний температуры (рис. 16.1). Влияние давления воздуха на величину естественной тяги незначительно, а влияние изменения химического состава воздуха в нормальных условиях – практически не ощутимо. Зависимость h_e от химического состава воздуха может проявляться при суфлярных выделениях и внезапных выбросах газа, а также (в тупиковых выработках) при остановке ВМП. За счет депрессии естественной тяги по выработке может циркулировать до 100÷150 м³/мин воздуха.

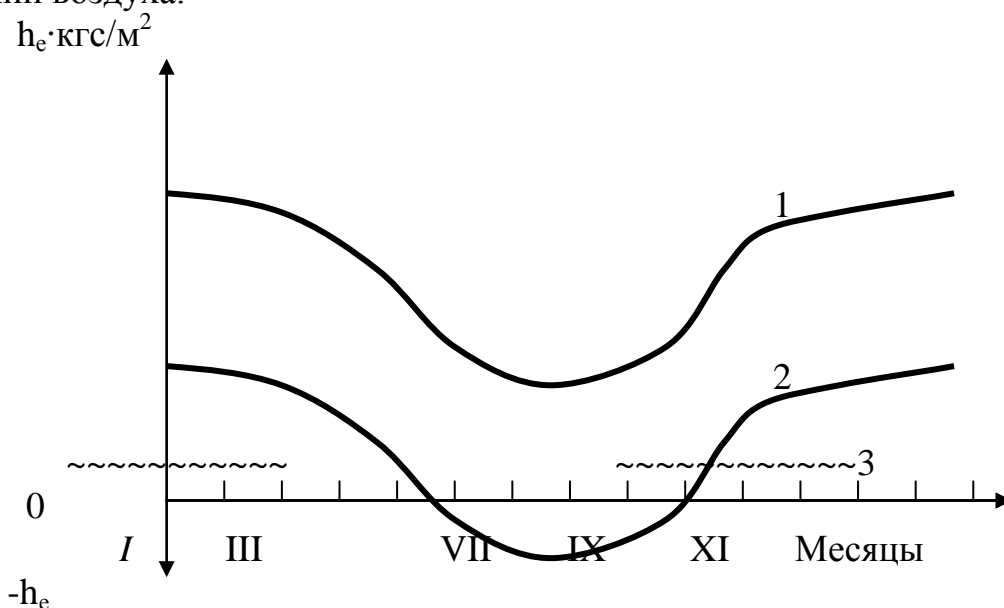


Рисунок 16.1 – Сезонное изменение депрессии естественной тяги в шахтах

1– в глубоких шахтах; 2, 3 – в шахтах небольшой глубины соответственно при отсутствии и при наличии калорифера

Ветер может вызывать движение воздуха в шахте при вскрытии месторождений штольнями. Величина h_e в этом случае равна скоростному давлению ветра.

Капез воды в воздухоподающем стволе может способствовать увеличению поступающего в шахту количества воздуха за счет эжектирующего и охлаждающего действия падающей воды. Капез в воздухоподающих стволах затрудняет проветривание и может даже кратковременно опрокидывать вентиляционную струю в стволе.

С увеличением глубины шахты величина естественной тяги возрастает.

18.2 Измерение величины депрессии естественной тяги на действующих шахтах

Наиболее точные результаты получаются при измерении через перемычку. Для этого в выработке, по которой проходит все количество воздуха, подаваемого в шахту, сооружается перемычка, и с обеих ее сторон измеряется давление и определяется разность этих давлений, равная депрессии естественной тяги. Замер должен производиться быстро, чтобы температура воздуха по обе стороны перемычки не изменилась.

Положение перемычки в системе выработок не имеет значения. Если воздух проходит по нескольким выработкам, расположенным на одной геодезической отметке, то перемычками перекрывают все выработки, а замер можно производить через любую перемычку. Если выработки, соединяющие воздухоподающий и воздухоотводящий стволы, находятся на различных горизонтах, способ измерения остается прежним, а депрессию шахты в целом можно определить, рассматривая депрессии отдельных горизонтов как депрессии, создаваемые параллельно работающими вентиляторами.

Для измерения депрессии естественной тяги микроманометром или депрессиомером без перемычки соединительные трубы прокладывают по всей длине выработок от устья воздухоподающего до устья воздухоотводящего ствола. Прибор может быть установлен в шахте или на поверхности.

Температура воздуха в трубках и в выработках должна быть одинаковой. Для измерения h_e можно использовать водоотливные, дегазационные и другие трубы, проложенные по выработкам, при соблюдении герметичности трубопровода и равенства температуры воздуха в трубках и выработках.

Если резиновые трубки проложены лишь по части выработок, то

$$H_e = h_{\text{зам}} + (R_1 + R_2) \cdot Q^2, \quad (16.7)$$

где $h_{\text{зам}}$ – величина депрессии, замеренная микроманометром, кгс/м²;

R_1 и R_2 – аэродинамическое сопротивление участков, не охваченных резиновыми трубками;

Q – количество воздуха, проходящего по этим участкам за счет естественной тяги.

18.3 Влияние естественной тяги на состояние проветривания шахт

Для измерения h_e необходимо остановить вентилятор, после чего может быть применен любой из способов. В качестве перемычки может быть использован шибер, которым перекрывается канал вентилятора. Депрессия естественной тяги может

измеряться микроманометром (рис. 16.4). или определяться по формуле после измерения барометром давления по обе стороны шибер.

При наличии нескольких вентиляторов необходимо их остановить одновременно и проводить измерения у каждого вентилятора.

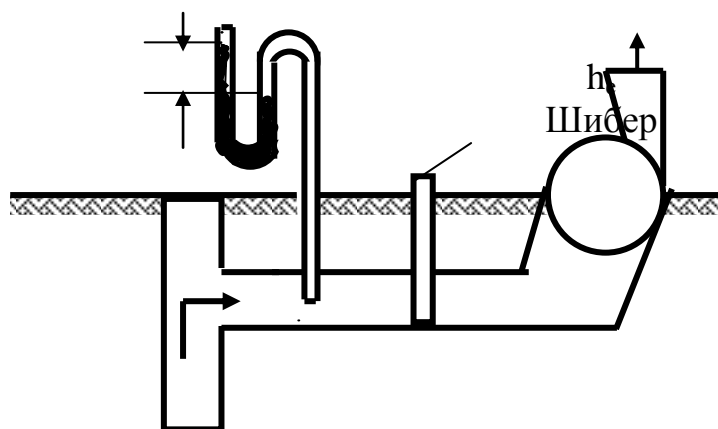


Рисунок 16.4 – Измерение депрессии естественной тяги через шибер канала вентилятора

При косвенном способе расчета депрессии естественной тяги при работающем вентиляторе определяют количество воздуха Q_0 , поступающего в шахту при совместном действии вентилятора и естественной тяги, и депрессию вентилятора h_b ; затем вентилятор останавливают и измеряют количество воздуха Q_e , поступающего в шахту только под действием естественной тяги. Депрессия естественной тяги определяется из системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} h_b \pm h_e &= R \cdot Q_0^2; \\ h_e &= R \cdot Q_e^2, \end{aligned} \right\} \quad (16.8)$$

где R – сопротивление всей шахты.

Перед h_e принимается знак плюс при движении воздуха по каналу в том же направлении, что и при работающем вентиляторе, и знак минус – при изменении направления движения воздуха.

Если вентилятор полностью не останавливают, а лишь изменяют режим его работы, система уравнений (16.8) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} h_{b1} \pm h_e &= R \cdot Q_1^2; \\ h_{b2} \pm h_e &= R \cdot Q_2^2, \end{aligned} \right\} \quad (16.9)$$

где h_{b1} , h_{b2} , Q_1 и Q_2 – депрессия вентилятора и количество воздуха, проходящего по каналу вентилятора соответственно при первом и втором режимах работы вентилятора.

При графической оценке совместного действия вентилятора и естественной тяги алгебраически суммируются по ординатам характеристики вентилятора и естественной тяги (рис. 16.5) (приблизительно h_e принимается не зависящей от расхода воздуха). Положительная естественная тяга увеличивает, отрицательная – уменьшает количество воздуха, поступающего в шахту ($Q_1 > Q_0$; $Q_2 < Q_0$).

Аналитическое определение количества воздуха, поступающего в шахту при совместном действии вентилятора и естественной тяги, производится по формуле:

$$Q^2 = \frac{a \pm h_e}{R + b} \quad \text{или} \quad Q = \sqrt{\frac{a_1 \pm h_e}{R + b_1}}, \quad (16.10)$$

где a, b – экспериментальные коэффициенты линейного уравнения характеристики вентилятора;

a_1, b_1 – то же квадратичного уравнения;

R – аэродинамическое сопротивление сети, на которую работает вентилятор.

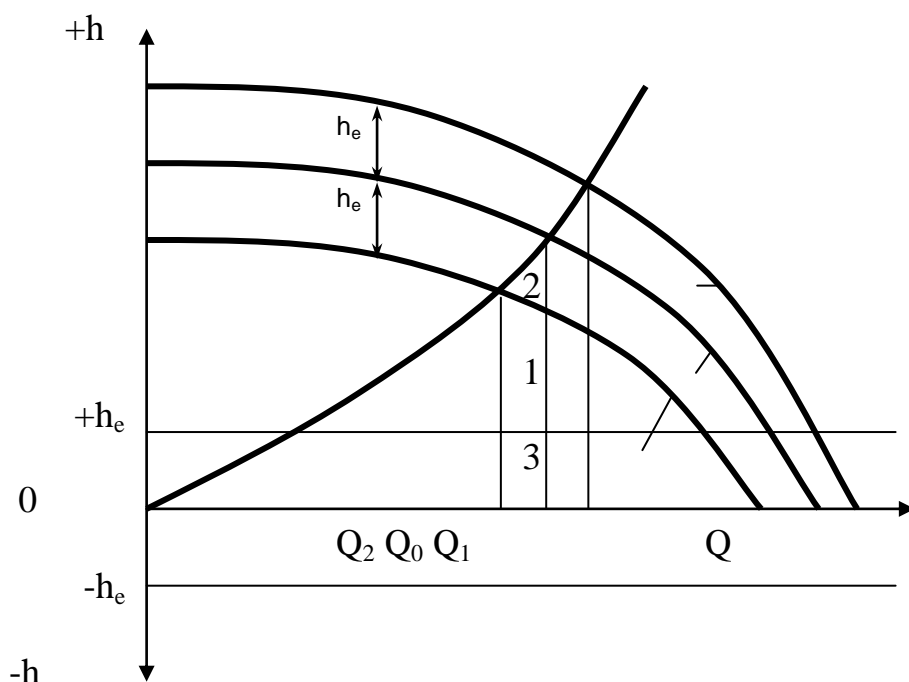


Рисунок 16.5 – Влияние h_e на работу вентиляторов главного проветривания

2- характеристика вентилятора;

2, 3 – соответственно суммарная характеристика вентилятора при положительной и отрицательной естественной тяге;

Q_0 – количество поступающего в шахту воздуха при отсутствии естественной тяги;

Q_1, Q_2 – расход воздуха соответственно при положительной и отрицательной естественной тяге.

Количество воздуха, поступающее в шахту за счет естественной тяги (Q_e) и работы вентилятора (Q_B):

$$Q_e = Q_0 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{h_e}{h_0}} \right); \quad (16.11)$$

$$Q_B = Q_0 - Q_e, \quad (16.12)$$

где Q_0, h_0 – суммарное количество воздуха и депрессия.

Лекция № 19

Регулирование распределения воздуха в шахтной вентиляционной сети

19.1 Причины, вызывающие необходимость регулирования.

19.2 Отрицательное и положительное регулирование.

Цель изучения темы:

Изучение теоретических основ и практических путей регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в вентиляционной сети.

19.1 Причины, вызывающие необходимость регулирования

При ведении горных работ в значительной степени изменяются параметры, определяющие вентиляцию шахт: длина пути следования воздуха, аэродинамическое сопротивление выработок, их газообильность и т.д. Параметры, по которым рассчитывается вентиляция выработок и шахт в целом, могут изменяться не только за длительные промежутки времени, но и в относительно небольших интервалах, например, в пределах недели или месяца. Для своевременной реакции вентиляции на эти колебания необходимо гибкое регулирование распределения воздуха в вентиляционной сети шахты.

Регулирование распределения воздуха в горных выработках является сложной задачей, так как изменение вентиляционных параметров – аэродинамического сопротивления, количества воздуха, депрессии – в одной из ветвей сети приводит к изменению воздухораспределения в других ветвях, а также вызывает изменение режима работы главного вентилятора.

В практике рудничной вентиляции применяют различные способы регулирования количества воздуха. Увеличение или уменьшение общешахтного количества воздуха достигается изменением режима работы главного вентилятора и общего аэродинамического сопротивления шахты, надшахтного здания. Регулирование распределения воздуха в отдельных выработках или соединениях выработок осуществляется изменением аэродинамического сопротивления отдельных ветвей, установкой вспомогательных вентиляторов, воздушными завесами.

Все способы регулирования распределения воздуха подразделяются на отрицательные и положительные. Отрицательными сопротивлениями являются такие, которые приводят к увеличению аэродинамического сопротивления отдельных ветвей и шахтной сети в целом. Очевидно, что применение отрицательного регулирования распределения воздуха приводит к увеличению расхода энергии на проветривание шахты. Положительными являются способы, не связанные с увеличением аэродинамического сопротивления выработок. При положительных способах регулирования перераспределение воздуха в ветвях сети достигается либо за счет уменьшения аэродинамического сопротивления выработок, либо за счет увеличения количества воздуха и депрессии ветвей путем установки в них дополнительных источников тяги.

19.2 Отрицательное и положительное регулирование

Увеличение аэродинамического сопротивления выработок является одним из наиболее распространенных способов регулирования распределения воздуха в

вентиляционных сетях. По своей сущности этот способ регулирования является отрицательным, так как увеличение аэродинамического сопротивления любой из ветвей сети, в конечном счете, требует затрат энергии воздушного потока на преодоление дополнительно введенного сопротивления.

Искусственное увеличение аэродинамического сопротивления ветвей достигается установкой в них регуляторов отрицательного типа – вентиляционных дверей и окон.

Вентиляционные окна (рис. 17.1) представляют собой отверстия в вентиляционных дверях или перемычках, пропускающие определенное количество воздуха. Целесообразно устраивать окна с изменяющейся площадью отверстия, что делает возможным производить регулирование более гибко.

С аэродинамической точки зрения вентиляционное окно представляет собой диафрагму, которая вызывает резкое сужение воздушного потока (рис. 17.2). Сужение это продолжается за пределами окна до сечения II – II, затем поток расширяется. Таким образом, вентиляционное окно является местным аэродинамическим сопротивлением выработки. Когда воздушный поток проходит окно, происходит сжатие и расширение струи с возникновением обратных токов и завихрений.

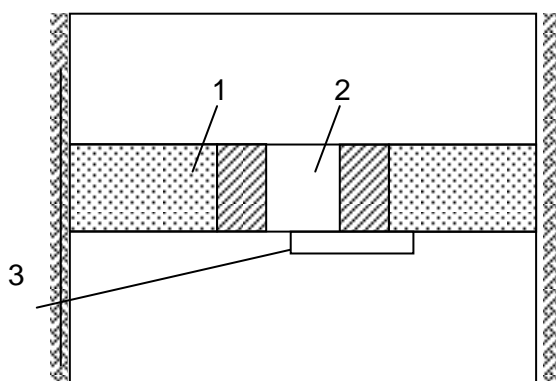


Рисунок 17.1–Схема устройства вентиляционного окна в выработке

1 – глухая перемычка; 2 – окно; 3 – шибер для регулирования.

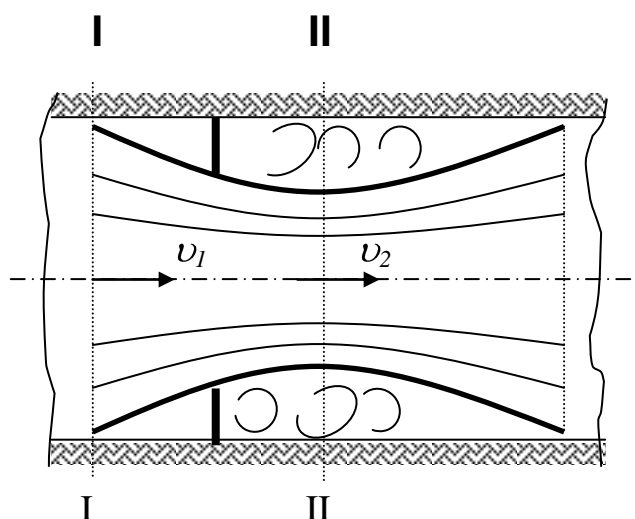


Рисунок 17.2 – Схема движения воздуха через вентиляционное окно

Потеря давления в потоке при прохождении окна, или депрессия окна, определяется из выражения

$$h_0 = \frac{\gamma}{2g} \cdot (v_2 - v_1)^2, \quad (17.1)$$

где γ – удельный вес воздуха;

g – ускорение свободного падения;

v_1 – средняя скорость движения воздуха в сечении I – I;

v_2 – средняя скорость движения воздуха в сечении II – II.

Выражая средние скорости через количество воздуха Q и сечение потока S , получим для сечения I – I

$$v_1 = \frac{Q}{S_1} \quad (17.2)$$

и для сечения II – II

$$v_2 = \frac{Q}{S_2}. \quad (17.3)$$

Сечение потока в месте максимального сужения II – II можно выразить через площадь сечения окна S_0 :

$$S_0 = k \cdot S \quad (17.4)$$

где k – коэффициент сужения потока (по экспериментальным данным $\varphi = 0,65$).

Подставив в выражение (17.1) значения γ , g , k и зависимости (17.2) – (17.4) и произведя некоторые преобразования, получим формулу для определения площади окна:

$$S_0 = \frac{Q \cdot S}{k \cdot \left(Q + S \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_0}{\gamma}} \right)} = \frac{Q \cdot S}{0,65 \cdot Q + 2,63 \cdot S \cdot \sqrt{h_0}}, \quad (17.5)$$

где S – площадь поперечного сечения выработки в месте установки окна.

Учитывая, что $h_0 = R_0 \cdot Q^2$, получим расчетную формулу в другом виде:

$$S_0 = \frac{S}{0,65 + 2,63 \cdot S \cdot \sqrt{R_0}}, \quad (17.6)$$

где R_0 – аэродинамическое сопротивление окна.

Формулы для определения площади сечения окна (17.5) и (17.6) получены в

предположении, что $k=0,65$. Коэффициент имеет это значение при условии $\frac{S_0}{S} \leq 0,5$.

При $\frac{S_0}{S} > 0,5$ значение k возрастает; тогда для расчёта площади сечения окна пользуются зависимостями:

$$S_0 = \frac{Q \cdot S}{1 + 2,38 \cdot S \cdot \sqrt{h_0}}; \quad (17.7)$$

$$S_0 = \frac{S}{1 + 1,38 \cdot S \cdot \sqrt{R_0}}. \quad (17.8)$$

Из формул (17.6) – (17.8) можно вывести зависимости для определения аэродинамического сопротивления окна.

При $\frac{S_0}{S} \leq 0,5$

$$R_0 = \frac{0,145}{S^2} \cdot \left(\frac{S}{S_0} - 0,65 \right)^2; \quad (17.9)$$

при $\frac{S_0}{S} > 0,5$

$$R_0 = \frac{0,177}{S^2} \cdot \left(\frac{S}{S_0} - 1 \right)^2. \quad (17.10)$$

В практике вентиляции наряду с отрицательными способами регулирования распределения воздуха в вентиляционных сетях широко используются методы положительного регулирования.

Одним из основных методов положительного регулирования распределения воздуха является уменьшение аэродинамического сопротивления отдельных ветвей и шахты в целом.

Из формулы депрессии для отдельной выработки $h = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3} \cdot Q^2$ следует, что уменьшение аэродинамического сопротивления достигается либо снижением коэффициента аэродинамического сопротивления α , либо уменьшением длины выработки L , либо увеличением площади поперечного сечения выработки S .

Рассмотрим движение воздуха в параллельном соединении ветвей по схеме, представленной на рис. 17.3. Предположим, что по условиям производства требуется увеличить подачу воздуха в ветвь 1 и одновременно снизить подачу в ветвь 2.

Распределение воздуха в соединении до проведения регулирования определяется соотношением

$$R_1 \cdot Q_1^2 = R_2 \cdot Q_2^2, \quad (17.11)$$

где R_1, R_2 – аэродинамическое сопротивление ветвей 1 и 2 до регулирования;

Q_1, Q_2 – количество воздуха в ветвях 1 и 2 до регулирования.

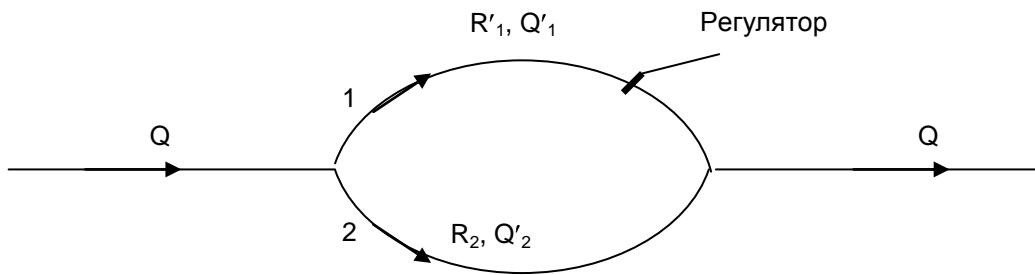


Рисунок 17.3 – Схема к регулированию распределения воздуха в параллельном соединении.

Увеличению количества воздуха в ветви 1 должно соответствовать такое уменьшение аэродинамического сопротивления, при котором выдерживается соотношение:

$$R'_1 \cdot Q'^2_1 = R_2 \cdot Q'^2_2 \quad (17.12)$$

где R'_1, Q'_1 – соответственно аэродинамическое сопротивление и количество воздуха в ветви 1 после регулирования;
 Q'_2 – количество воздуха в ветви 2 после регулирования.

Из выражения 17.12 получаем требуемое значение аэродинамического сопротивления ветви 1 для заданного распределения расходов воздуха:

$$R'_1 = R_2 \cdot \frac{Q'^2_2}{Q'^2_1}. \quad (17.13)$$

С учетом выражения 17.11 можно получить зависимость для определения необходимой величины уменьшения аэродинамического сопротивления ветви 1:

$$\Delta R_1 = R_1 - R'_1 = R_2 \cdot \left(\frac{Q'^2_2}{Q'^2_1} - \frac{Q'^2_2}{Q'^2_1} \right). \quad (17.14)$$

Если уменьшить аэродинамическое сопротивление удобно снижением коэффициента α (например, изменением типа крепи в выработке или обшивкой её стенок), то необходимую величину изменения α можно определить из выражения:

$$\Delta \alpha = \frac{R_2 \cdot S^3 \cdot \left(\frac{Q'^2_2}{Q'^2_1} - \frac{Q'^2_2}{Q'^2_1} \right)}{P \cdot L}, \quad (17.15)$$

где S, P и L – площадь поперечного сечения, его периметр и длина выработки.

Аналогичным образом определяется увеличение площади поперечного сечения выработки для уменьшения её сопротивления рассматриваемым способом.

Необходимое значение площади поперечного сечения:

$$S'_1 = S_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{R_1}{R'_1}} = S_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_2^2 \cdot Q_1'^2}{Q_1^2 \cdot Q_2'^2}}, \quad (17.16)$$

а необходимое приращение сечения:

$$\Delta S = S'_1 - S_1 = S_1 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{Q_2^2 \cdot Q_1'^2}{Q_1^2 \cdot Q_2'^2}} - 1 \right), \quad (17.17)$$

где S_1 и S'_1 – площадь поперечного сечения выработки 1 (см. рис.17.3) соответственно до и после регулирования.

Таким же образом решается вопрос и при более сложных видах соединений горных выработок. В случае, когда речь идёт о снижении сопротивления в многоструйных соединениях, необходимые мероприятия следует осуществлять в выработке с наибольшим аэродинамическим сопротивлением.

Иногда возникает необходимость уменьшить аэродинамическое сопротивление соединения выработок в целом (например, когда требуется перераспределить количество воздуха между двумя рабочими горизонтами шахты). Значительное снижение сопротивления достигается при этом проведением дополнительной выработки, параллельной ветвям с большим сопротивлением, а также уменьшением длины пути движения воздуха.

В некоторых случаях аэродинамическое сопротивление выработок может быть несколько снижено, если очистить их от породы и других загромождающих материалов. Необходимо также снижать местные аэродинамические сопротивления, например, расширять сечение в местах погрузочных пунктов в конвейерных выработках, делать повороты на сопряжениях закруглёнными, изменение сечений – плавными и т.д.

Регулирование подачи воздуха в шахту

20.1 Способы регулирования подачи воздуха в шахту.

Цель изучения темы:

Изучение теоретических основ и практических путей регулирования подачи воздуха в шахту и перераспределения его в вентиляционной сети.

20.1. Способы регулирования подачи воздуха в шахту

Один из способов положительного регулирования распределения воздуха в вентиляционной сети – регулирование с помощью вспомогательных вентиляторов.

Вспомогательные вентиляторы устанавливают в ветвях, в которых необходимо увеличить количество воздуха и повысить депрессию.

Для регулирования распределения воздуха в параллельном соединении вентилятор устанавливают в одной из ветвей (рис. 17.4).

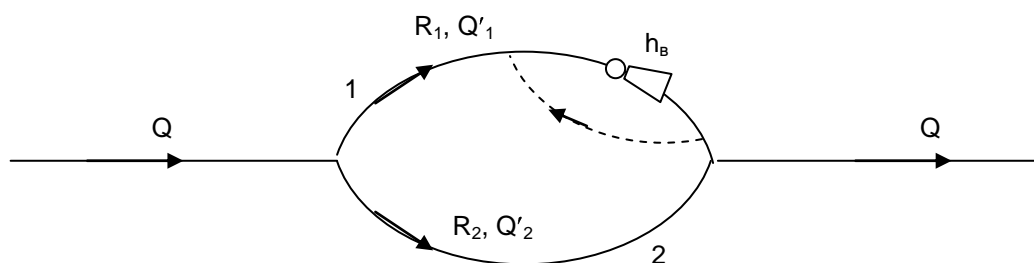


Рисунок 17.4 – Схема регулирования распределения воздуха в параллельном соединении с помощью вспомогательного вентилятора

До установки вентилятора распределение воздуха в ветвях 1 и 2 определялось равенством $R_1 \cdot Q_1^2 = R_2 \cdot Q_2^2$.

Появление дополнительного источника тяги в ветви 1 приводит к увеличению депрессии ветви, а следовательно, и количества подаваемого воздуха. Если количество воздуха в ветви 1 требуется повысить от Q_1 до Q'_1 , то после установки вентилятора будет справедливо соотношение $R_1 \cdot Q'_1^2 = R_2 \cdot Q_2^2$

При этом депрессия, развиваемая вентилятором, определится из выражения:

$$h_v = R_1 \cdot (Q'_1{}^2 - Q_1{}^2) \quad (17.18)$$

Как уже отмечалось выше, изменение количества воздуха в одной из ветвей сети ведёт к перераспределению в остальных ветвях, поэтому при введении в сеть вспомогательных вентиляторов их необходимо рассчитать на совместную работу с главным вентилятором или друг с другом.

Литература

1. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра,1971(1978).- 376 с.
2. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.
3. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И. Аэрология горных предприятий.- М.:Недра, 1987.- 421 с.

4. Милетич А.Ф., Яровой И.М., Бойко В.А. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1972.- 248 с.

Проветривание подземных выработок при их сооружении

21.1 Общие сведения.

21.2 Особенности проветривания при проходке стволов.

21.3 Способы и схемы вентиляции стволов при проходке.

Цель изучения темы:

3. Изучение общих требований предъявляемых к проветриванию подготовительных выработок.

2. Изучение особенностей, возникающих при проветривании стволов

21.1 Общие сведения

При проведении выработок вентиляция осуществляется с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП), продольных перегородок и вентиляционных труб в зависимости от горно-геологических условий. Вентиляция выработок за счет молекулярной и турбулентной диффузии разрешается на глубину не более 6 м.

В практике подземного строительства весьма часто приходится сталкиваться с необходимостью вентиляции тупиковых выработок не только малой, но и большой протяженности. В угольных шахтах выработки длиной несколько сотен метров проходятся при подготовке выемочных полей к отработке обратным ходом, а также при сбое шахтных стволов и вскрытии пластов.

Нередки случаи проведения тупиковых горизонтальных выработок длиной 1÷2 км, а в отдельных случаях – до 4÷5 км. Наклонные выработки типа бремсбергов и уклонов могут иметь длину до 0,8÷1,5 км, а наклонные шахтные стволы - до 2 км и более.

Протяженные выработки ограниченной площади сечения обычно проводят горизонтальными или наклонными; они могут иметь различное назначение. Несмотря на то, что вентиляция каждой выработки имеет, как правило, свои особенности, при проведении выработок большой протяженности возникают проблемы, общие для всех выработок любого назначения и угла наклона. Эти проблемы создают специфику вентиляции длинных выработок.

В связи с увеличением глубины ведения горных работ, возникает большая проблема вентиляции тупиковых горных выработок из-за значительного газовыделения в них, возможных внезапных выбросов газа и угля и значительного тепловыделения.

Основной проблемой вентиляции протяженных тупиковых выработок является обеспечение подачи в забой достаточного количества воздуха, обеспечивающего в выработке требуемую по ПБ скорость его движения с целью эффективной вентиляции не только призабойной ее зоны, но и всей выработки в целом. В свою очередь, эта проблема делится на две частные: обеспечение подачи в забой достаточного количества воздуха с энергетической точки зрения (создание необходимых средств тяги) и обеспечение необходимой герметизации воздухопроводов.

Вентиляция протяженных тупиковых выработок может быть осуществлена либо с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП) и трубопроводов, либо за счет действия сквозной струи.

Вентиляция протяженных тупиковых выработок сквозной струей может быть

осуществлена одним из следующих способов:

- с помощью вспомогательной параллельной выработки;
- с помощью продольных перегородок.

Задачами вентиляции являются:

- 1) удаление из выработок в кратчайшее расчетное время ядовитых газообразных продуктов разложения взрывчатых веществ (ВВ);
- 2) разбавление и удаление из выработок ядовитых и взрывчатых газов, выделяющихся из пород и полезного ископаемого и образующихся при работе двигателей внутреннего сгорания;
- 3) создание нормальных температурных условий в горных выработках.

21.2 Особенности проветривания при проходке стволов

На вентиляцию вертикальных стволов при их проходке влияет ряд горнотехнических особенностей. К ним относятся:

- 4) вертикальное расположение стволов;
- 5) обводненность стволов и капеж;
- 6) контакт стенок стволов с боковыми породами, имеющими высокую температуру (в глубоких стволах).

Вертикальное расположение ствола обуславливает появление объемных сил при его вентиляции. Их действие проявляется двояко: во-первых, в виде естественного воздухообмена или естественной тяги, обычно наблюдающейся в стволах. Действие ее вызывается нагревом слоев воздуха, прилегающих к теплым стенкам ствола. В стволе образуются два столба воздуха с разной температурой и, следовательно, с разной плотностью: столб теплого, легкого воздуха в виде толстостенного полого цилиндра у стенок и столб более холодного, тяжелого воздуха в центральной части. В результате теплый воздух вдоль стен имеет тенденцию подниматься вверх, а холодный воздух в центральной части ствола – опускаться вниз. Это в определенной степени затрудняет работу вентилятора при нагнетательном способе вентиляции ствола, который обычно применяется на практике.

Например, если глубина ствола $H=500\text{м}$, атмосферное давление на поверхности $P_0=102.6\text{ кПа}$, абсолютная температура воздуха у стенки ствола $T'_{\text{cp}}=273+15=288^{\circ}\text{C}$, в средней части ствола $T''_{\text{cp}}=273+13=286^{\circ}\text{C}$, газовая постоянная воздуха $R_r=2965$, то депрессия естественной тяги будет

$$h_e = \frac{13,6 \cdot P_0 \cdot H}{R_k} \cdot \left(\frac{1}{T'_{\text{cp}}} - \frac{1}{T''_{\text{cp}}} \right) = 50 \text{ Па}.$$

Следовательно, естественная тяга, вызываемая контактом воздуха с теплыми стенками ствола, может достигать больших значений.

Особенно это возможно в холодное время года, когда воздух в стволе, подаваемый с поверхности вентилятором, имеет низкую температуру.

Во-вторых, естественная тяга проявляется в стволах при проведении взрывных работ, когда в ствол выбрасываются большие массы нагретых газов. Имея более высокую температуру, чем основная масса воздуха в стволе, они начинают быстро перемещаться вверх, способствуя тем самым вентиляции ствола.

Таким образом, можно сделать следующий вывод: объемные силы могут затруднять вентиляцию ствола, если имеет место интенсивный нагрев слоев воздуха, прилегающих к его стенкам, и могут помогать вентиляции после выполнения взрывных работ.

Обводненность ствола способствует ускорению его вентиляции после взрывных работ, так как образующиеся при этом газы взрывчатых веществ, особенно окислы азота, хорошо поглощаются водой и при этом содержание их в воздухе уменьшается. Кроме того, она способствует уменьшению содержания в воздухе окислов азота в результате ускорения химических реакций окислов азота с металлами.

Капеж в стволе играет в отношении окислов азота ту же роль, что и влага, покрывающая стенки ствола, оборудование и пр.: он способствует их растворению и, следовательно, снижению содержания в воздухе.

Однако, действие капежа в стволе имеет и другую сторону. Известно, что брызги воды, движущиеся в воздухе, обладают высокой эжектирующей способностью: при движении они увлекают за собой значительные объемы воздуха. На этой способности основано, например, действие гидромониторной струи. Если скорость движущегося вверх по стволу воздуха (а следовательно, и его кинетическая энергия) мала, по сравнению со скоростью капель и количество последних в единице объема воздуха велико, капеж может опрокинуть воздушную струю на отдельных участках ствола. Если же скорость воздуха значительна, а плотность потока капель велика, последний будет оказывать лишь дополнительное сопротивление движущемуся воздуху.

Большое значение имеет распределение плотности капель в поперечном сечении ствола: она обычно больше у стенок и меньше в средней его части. Так, измерения в стволе одной из шахт показали, что на расстоянии 0,7 м от стенки ствола за счет капель расход воды составил 12 л/мин на 1 м² сечения ствола, на расстоянии 1,7 м - 5 л/мин, в центре ствола – менее 1 л/мин.

Таким образом, особенностью процесса вентиляции ствола является то, что кроме воздействия вентилятора, проветривающего ствол, на движение воздуха в стволе существенное влияние оказывают объемные (конвективные) силы и кинетическая энергия падающих капель воды. В результате их совокупного действия движение воздуха в стволе имеет следующий характер: у стенок ствола воздух движется вниз, а в средней части – вверх (рис.18.1).

Восходящий поток воздуха является более мощным, чем нисходящий, и занимает основную часть поперечного сечения ствола. Последнее объясняется тем, что вверх движется не только количество воздуха, которое опустилось в ствол вдоль стенок, но и количество воздуха, нагнетаемое вентилятором.

Если не учитывать нисходящий поток воздуха вдоль стенок ствола и рассматривать лишь основной поток, то в стволе можно выделить две аэродинамические зоны, подобные таковым в горизонтальной тупиковой выработке.

В первой зоне, расположенной между концом нагнетательного трубопровода и забоем, происходит интенсивное перемешивание чистого воздуха, поступающего из трубопровода, с газами в призабойной зоне. Во второй зоне, охватывающей весь ствол от устья до сечения, в котором располагается конец трубопровода, происходит вынос газов, поступивших в поток в призабойной части, а также перемешивание и вынос газов, поступающих в поток со стенок ствола (если такое газовыделение имеет место).

В первой зоне поток воздуха из трубопровода, расширяясь, движется вниз, к забою, затем омывает его, поворачиваясь на 180° , и движется вверх, продолжая расширяться. На границе первой и второй зон восходящий поток воздуха занимает уже все сечение ствола и далее, уже во второй зоне, продолжает движение по всему сечению ствола.

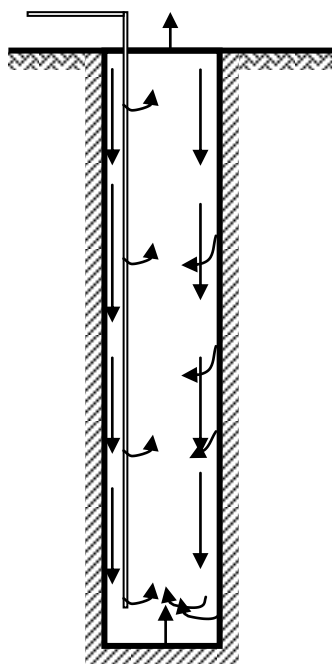


Рисунок 18.1 – Схема движения воздуха в стволе
18.3 Способы и схемы вентиляции стволов при проходке

Все стволы в процессе проходки должны проветриваться с помощью вентиляторной установки. Вентиляция за счет диффузии допускается лишь на глубину не более 10м (при проходке устья ствола). Обычно искусственная вентиляция организуется после укладки основной проходческой рамы и устройства нулевой площадки. К этому времени вентиляторная установка должна быть уже смонтирована.

Для вентиляции стволов в принципе можно применять любой из трех способов вентиляции тупиковых выработок: нагнетательный, всасывающий или комбинированный. На практике обычно применяют нагнетательный способ, что объясняется следующим. Как известно, при всасывающем способе вентиляции удаление газов из призабойной зоны происходит весьма медленно, особенно если конец трубопровода отстоит от забоя на значительном расстоянии. Очевидно, что всасывающий способ вентиляции в этом случае не обеспечит удаление газов из призабойной зоны. При таких условиях более эффективен комбинированный или нагнетательный способ вентиляции.

Комбинированный способ, однако, связан с необходимостью применения двух самостоятельных вентиляторных установок, трубопроводы которых должны быть пропущены через подвесной полук, что в большинстве случаев оказывается невозможным.

Этот способ может успешно применяться при достаточно большой площади поперечного сечения ствола. При этом вспомогательный вентилятор устанавливается на проходческом полке или подвешивается под ним. Этот вентилятор работает на нагнетание. В зависимости от конкретных условий нагнетательный вентилятор может отключаться после удаления газов ВВ из забоя ствола.

Нагнетательный способ вентиляции обладает следующими преимуществами:

- направление отброса газов после взрыва, а также их дальнейшее конвективное движение вверх совпадают с движением воздуха в стволе, создаваемым вентилятором при нагнетательном способе вентиляции, тем самым способствуя более быстрому проветриванию ствола. Кроме того, утечки воздуха через вентиляционный трубопровод при нагнетательном способе вентиляции способствуют разбавлению газов в стволе, а также ускоряя процесс проветривания;
- в случае выделения метана в стволе, вентилятор при нагнетательном способе вентиляции находится на свежей струе, благодаря чему устраняется опасность воспламенения метана, которая возникает при работе вентилятора.

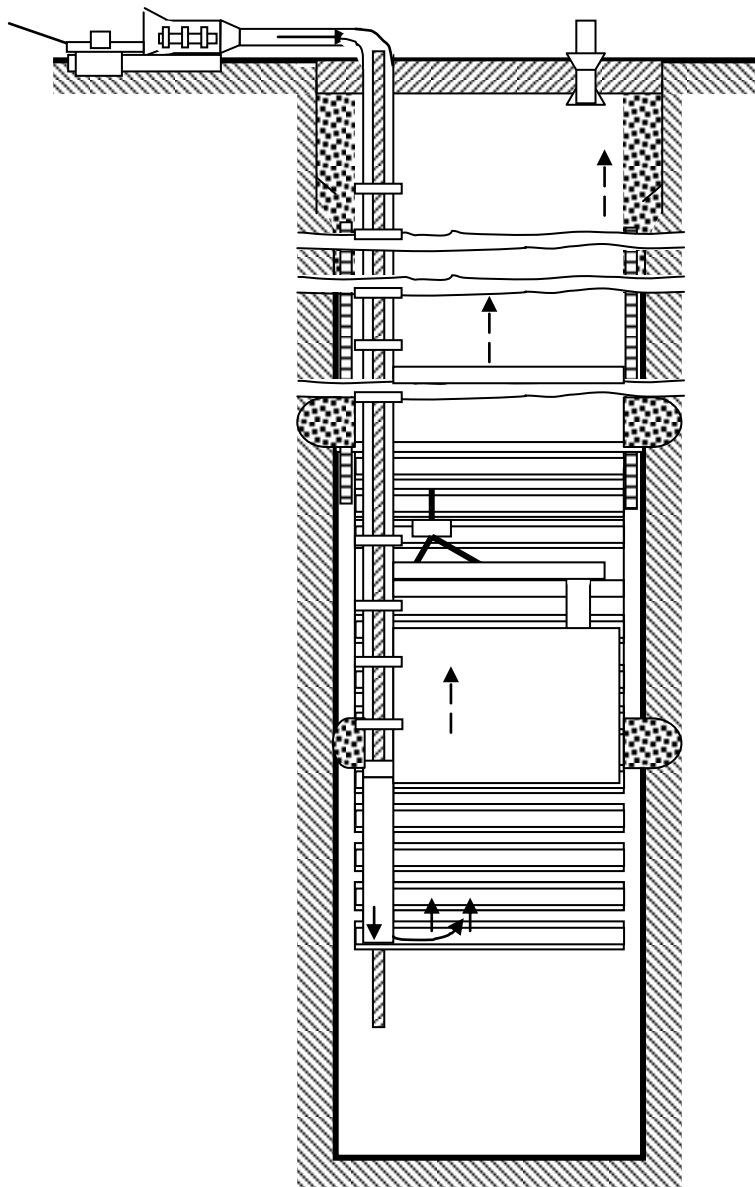


Рисунок 18.2—Схема нагнетательного способа вентиляции и размещения трубопровода при проходке ствола

При нагнетательном способе вентиляции ствола (рис. 18.2) вентиляторная установка располагается на поверхности в 15÷20м от его устья, чтобы исключить засасывание загрязненного воздуха, выходящего из устья ствола. Вентиляторная установка должна находиться в помещении, чтобы предотвратить воздействие на нее атмосферных факторов. Помещение вентиляторной установки в зимнее время должно отапливаться.

Для вентиляции стволов обычно требуется от 1,5 до 10 м³/с воздуха. При этом потребность в воздухе в течение производственного цикла не одинакова: она максимальна после производства взрывных работ, когда требуется интенсивное проветривание для более быстрого удаления газов, и минимальна в течение остального периода времени.

В связи с этим для вентиляции стволов рекомендуется сооружать две вентиляторные установки, работающие на один трубопровод. При этом первая установка, имеющая сравнительно небольшую мощность, предназначена для нормальной вентиляции ствола между периодами взрывных работ.

Вторая, более мощная вентиляторная установка предназначена для интенсивного проветривания после производства взрывных работ; в этом случае работают обе вентиляторные установки. После проветривания ствола от газов ВВ вторая установка выключается.

По изложенным выше причинам при проходке стволов обычно не применяют вентиляторные установки, работающие одновременно на самостоятельные трубопроводы.

Однако, при необходимости возможно последовательное соединение нескольких вентиляторных установок, работающих на один трубопровод. В этом случае они могут располагаться каскадно.

Для свободного выхода воздуха из ствола в атмосферу через полук основнoй рамы пропускается труба, второй конец которой выводится за пределы копра. Согласно ПБ отставание вентиляционных труб от забоя ствола не должно быть более 15 м, а во время погрузки грейфером – 20 м.

Литература

1. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда.- К.:Основа, 1994.- 312 с.
3. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328с.

выработок

22.1 Способы проветривания тупиковых горных выработок.

22.2 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок

22.3 Особенности проветривания длинных тупиковых выработок

Цель изучения темы

Изучение способов проветривания горизонтальных и наклонных выработок.

22.1 Способы проветривания тупиковых горных выработок

Проветривание тупиковых забоев должно обеспечивать:

- удаление из выработки в расчетное время ядовитых газообразных продуктов разложения взрывчатых веществ (ВВ);
- разбавление и удаление из выработок ядовитых и взрывчатых газов, выделяющихся из пород и полезного ископаемого;
- создание нормальной температуры воздуха в забое и во всей выработке.

Проветривание осуществляется за счет совместного действия вентиляторов главного проветривания и естественной тяги, а также местных побудителей вентиляции: вентиляторов местного проветривания (ВМП), эжекторов и т.п. Выработки, проводимые парным забоем, в большинстве случаев проветриваются за счет общешахтной вентиляции и работы ВМП.

При составлении схем проветривания необходимо учитывать требования ПБ: вентилятор местного проветривания должен быть установлен в выработке со свежей струей на расстоянии не менее 10м от струи, выходящей из устья тупиковой выработки; производительность ВМП не должна превышать 70% от дебита струи, из которой вентилятор забирает свежий воздух. При проведении выработок на вентиляционном горизонте с разрешения главного инженера шахты допускается установка ВМП на исходящей струе, но при условии, что содержание метана в ней не превышает 0,5%, а содержание ядовитых газов находится в пределах установленных санитарных норм.

Различают следующие способы проветривания: нагнетательный, всасывающий и несколько видов комбинированного.

Нагнетательный способ (рис.19.1).

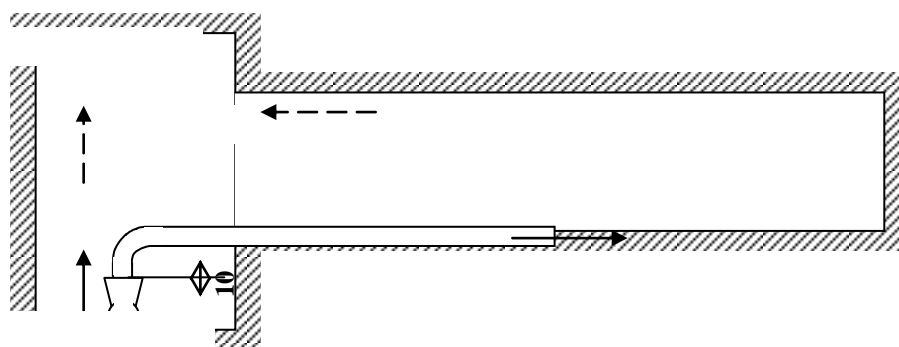


Рисунок 19.1 – Нагнетательное проветривание

применяется в выработках, где из стенок, кровли или почвы выделяются горючие (метан, водород) или ядовитые (сероводород, сернистый газ, окись углерода) газы, а также обескислороженный воздух. В остальных случаях можно применять любой способ проветривания. Достоинства этого способа заключаются в интенсивном

перемешивании воздуха в призабойном пространстве и разбавлении его свежим воздухом, поступающим из конца воздухопровода. Исходящая из забоя струя выходит по выработке к устью, захватывая по пути все вредные и взрывчатые газообразные примеси, выделяющиеся из стенок, кровли и почвы выработки. К достоинствам следует отнести и то, что возможно применение гибких (матерчатых, прорезиненных и иных) трубопроводов, удобных в эксплуатации.

Основной недостаток способа - загазирование всей выработки и необходимость постепенного разбавления этих газов до санитарных норм, что при большом объеме (длине) выработок требует установки вентиляторов значительной производительности и труб большого диаметра.

Всасывающий способ проветривания (рис. 19.2) может применяться, когда из стенок, кровли и почвы выработки не выделяются взрывчатые и ядовитые газы.

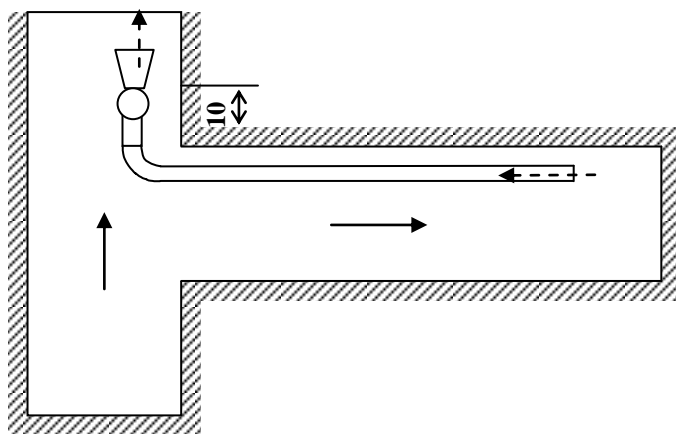


Рисунок 19.2 – Всасывающее проветривание

Достоинства этого способа заключаются в том, что высасываемый из призабойного пространства воздух, содержащий продукты разложения ВВ, удаляется по вентиляционным трубам, а по выработке от устья к забою движется свежая струя, поэтому работы могут не прекращаться. В первые минуты проветривание происходит интенсивно, вследствие засасывания в трубы воздуха с очень высокой концентрацией ядовитых газов, определяемой количеством взорванного ВВ и объемом зоны отброса газов от забоя. Однако, затем интенсивность проветривания снижается, вследствие засасывания в трубы относительно чистого воздуха, несмотря на то, что в призабойной части застаивается воздух, содержащий взрывные газы высокой концентрации. Этот способ проветривания очень эффективен в тех случаях, когда конец вентиляционных труб отстоит от забоя на расстояние 2÷3м, но последнее осуществить трудно. Зависимость эффективности всасывающего проветривания от длины выработки невелика, поэтому данный способ рекомендуется для проветривания выработок большой протяженности.

Основной недостаток способа – невозможность применения гибких трубопроводов. Этот недостаток может быть устранен, если вентилятор устанавливать не в выработке со свежей струей, а непосредственно в тупиковой выработке близ забоя (рис. 19.3). В этом случае трубопровод состоит из отрезка жесткого трубопровода l_1 , наращиваемого по мере проведения выработки, и гибкого трубопровода l_2 . Через некоторое расстояние вентилятор переносится ближе к забою, а часть жесткого трубопровода, оказавшаяся при этом на стороне нагнетания, заменяют гибким.

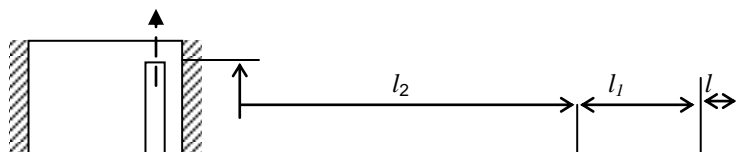


Рисунок 1 9.3 – Всасывающее проветривание призабойным вентилятором

Достоинства этого способа заключаются в том, что высасываемый из призабойного пространства воздух, содержащий продукты разложения ВВ, удаляется по вентиляционным трубам, а по выработке от устья к забою движется свежая струя, поэтому работы могут не прекращаться. В первые минуты проветривание происходит интенсивно, вследствие засасывания в трубы воздуха с очень высокой концентрацией ядовитых газов, определяемой количеством взорванного ВВ и объемом зоны отброса газов от забоя. Однако, затем интенсивность проветривания снижается, вследствие засасывания в трубы относительно чистого воздуха, несмотря на то, что в призабойной части застаивается воздух, содержащий взрывные газы высокой концентрации. Этот способ проветривания очень эффективен в тех случаях, когда конец вентиляционных труб отстоит от забоя на расстояние $2\div 3$ м, но последнее осуществить трудно. Зависимость эффективности всасывающего проветривания от длины выработки невелика, поэтому данный способ рекомендуется для проветривания выработок большой протяженности.

Основной недостаток способа – невозможность применения гибких трубопроводов. Этот недостаток может быть устранен, если вентилятор устанавливать не в выработке со свежей струей, а непосредственно в тупиковой выработке близ забоя (рис. 19.3). В этом случае трубопровод состоит из отрезка жесткого трубопровода l_1 , наращиваемого по мере проведения выработки, и гибкого трубопровода l_2 . Через некоторое расстояние вентилятор переносится ближе к забою, а часть жесткого трубопровода, оказавшуюся при этом на стороне нагнетания, заменяют гибким.

При такой установке вентилятора сочетаются преимущества всасывающего проветривания с возможностью применения гибких трубопроводов. Расчеты показывают, что при этом на участке выработки l_2 в результате утечек воздуха из гибкого трубопровода несколько повышается содержание окиси углерода, но, как показывает практика, концентрация газа не превышает допустимых санитарных норм. Основная часть газов выбрасывается из конца трубопровода в исходящую струю.

Комбинированное проветривание может осуществляться одним вентилятором (рис. 19.4), работающим сразу после взрывания ВВ на всасывание, а затем через некоторое время переключаемым на нагнетание. На расстоянии от забоя, не превышающем 50 м, устанавливается переключатель.

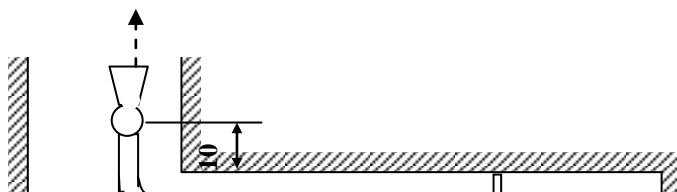


Рисунок 19.4 – Комбинированное проветривание одним вентилятором с установкой перемычки

Достоинство такого способа проветривания заключается в том, что за время всасывающей работы вентилятора, определяемое расчетом, по вентиляционным трубам выносятся основная масса ядовитых газов, а за последующее время (режим нагнетания) газы, в небольшом количестве оставшиеся в призабойном пространстве, рассредоточиваются по части выработки, прилегающей к забою, не доходя до ее устья, вследствие чего исключается рециркуляция воздуха. Недостаток способа – необходимость применения жесткого трубопровода и реверсирование вентилятора, что усложняет его установку.

Комбинированное проветривание двумя вентиляторами с перемычкой (рис. 19.5) или без перемычки (рис. 19.6) заключается в том, что основной вентилятор, устанавливаемый в устье выработки, работает на всасывание, а вспомогательный, меньшей производительности, работает в нагнетательном режиме и предназначен для перемещения воздуха в заперемыченном пространстве или, при работе без перемычки, в пространстве, определяемом зоной активного действия вспомогательного вентилятора, с тем, чтобы ядовитые газы были распределены по этому объему как можно равномернее.

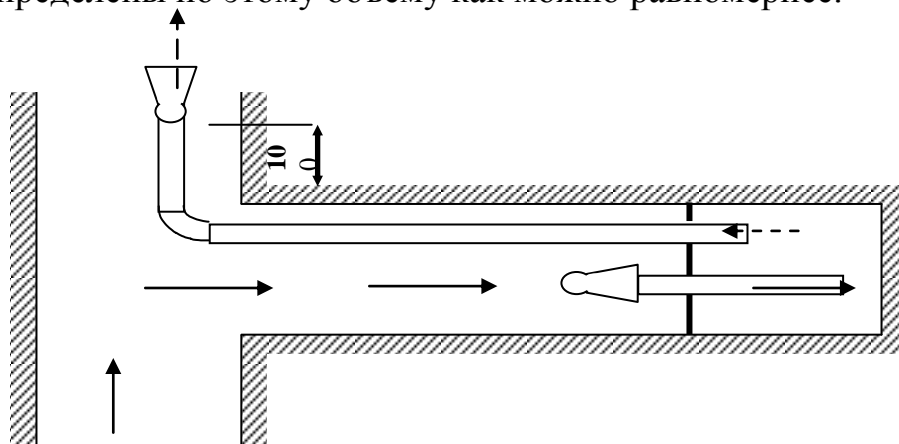


Рисунок 19.5 – Комбинированное проветривание двумя вентиляторами с установкой перемычки

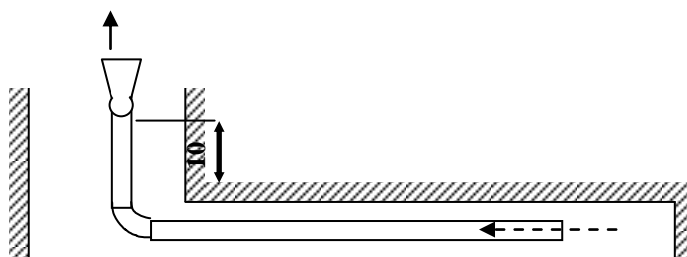


Рисунок 19.6 – Комбинированное проветривание двумя вентиляторами без перемычки

Достоинство такого способа проветривания заключается в том, что выработка заполнена свежим воздухом, проветривание осуществляется быстро, что позволяет использовать этот способ при большой длине выработок, применяя относительно небольшие вентиляторы, а также при скоростном проведении выработок.

Штреки, бремсберги и уклоны большой протяженности, как правило, проводят в виде парных выработок (рис. 19.7) и не более чем через 30 м сбивают печами или просеками. Печи, кроме последней, закрывают чураковыми или каменными перемычками, в качестве временных устанавливают дощатые перемычки с засыпкой и промазкой их глиной.

В газовых шахтах, где необходима подача большого количества воздуха, проветривание осуществляется, как правило, за счет общешахтной депрессии, а в тупиковые забои от последней печи воздух подается вентиляторами местного проветривания.

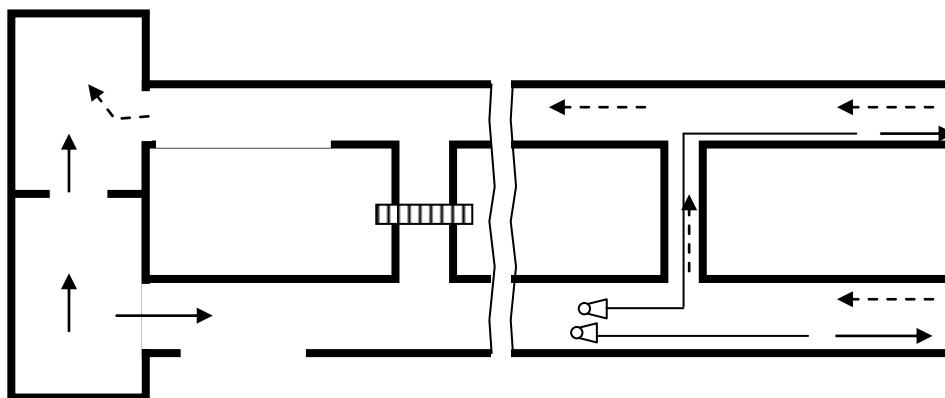


Рисунок 19.7 – Проветривание за счет общешахтной депрессии длинных выработок, проводимых по газоносным пластам

22.2 Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок

Расход воздуха, необходимого для проветривания тупиковых выработок, рассчитывается, согласно «Руководства по проектированию вентиляции угольных шахт», по количеству выделяемого метана или углекислого газа, по газам, образующимся при взрывных работах, количеству людей, по средней максимальной скорости воздуха в сечении выработки и минимальной

скорости воздуха в призабойном пространстве с учетом температуры. Окончательно принимается наибольший результат.

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания горизонтальных и тупиковых выработок, принципиально не отличается от методики расчета проветривания вертикальных стволов (см. лекцию 18).

Для тупиковых выработок протяженностью до 300м расчет выполняется сразу для максимальной длины. Для тупиковых выработок большей протяженности допускается расчет на отдельные периоды для промежуточных значений длины 300, 600, 900м и т.д., включая максимальную длину.

22.3 Особенности проветривания длинных тупиковых выработок

При проветривании длинных выработок подсчитанная депрессия может оказаться больше депрессий, развиваемых выпускаемыми промышленностью вентиляторами местного проветривания. В этом случае необходима последовательная установка на трубопроводе нескольких вентиляторов, которые могут монтироваться рассредоточено по трубопроводу и в начале его – каскадом. При рассредоточенном расположении выбранные вентиляторы могут быть не однотипны, максимальное давление, под которым находится трубопровод, не превышает депрессии одного вентилятора.

Недостаток подобной установки заключается в трудности обслуживания трех вентиляторов, а также в возможности создания разрежения в трубах со стороны всасывания первым и вторым вентиляторами, что в случае применения жестких трубопроводов приводит к засасыванию в трубы загазованного воздуха из выработки, а в случае гибких трубопроводов – к нарушению процесса проветривания. Достоинством рассредоточенной установки является сравнительно небольшое давление в трубах, которое предпочтительнее при применении гибких трубопроводов.

При каскадной установке вентиляторов последние должны быть однотипны, суммарная производительность их и мощность больше, чем при рассредоточенной установке, трубопровод вблизи вентиляторов находится под давлением, равным сумме давлений всех вентиляторов, что при применении гибких трубопроводов требует изготовления последних с большим сопротивлением на разрыв.

Литература

1. Справочник по рудничной вентиляции./ Ф.А. Абрамов, В.А. Бойко, Н.Ф. Гращенков и др.- М.:Недра, 1977.- 328 с.
2. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256 с.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда.- К.:Основа, 1994.- 319 с.

Лекция № 23

Проветривание очистных выработок

23.1 Основные схемы проветривания очистных выработок.

23.2 Расчет максимально допустимой нагрузки на забой по газовому фактору.

Цель изучения темы

Изучение основных схем проветривания очистных выработок, их классификация. Изучение методики расчета количества воздуха, необходимого для проветривания очистных забоев.

23.1 Основные схемы проветривания очистных выработок

В вентиляции под выемочным участком понимается система выработок, включающая очистной забой, откаточные и вентиляционные выработки и выработанное пространство. На угольных шахтах наиболее интенсивно ведутся горные работы в очистных выработках. В процессе ведения горных работ из полезного ископаемого и горных пород, а также в результате взрывных работ выделяются вредные газы, тепло и рудничная пыль.

Основная задача вентиляции – обеспечить в выработках необходимый расход воздуха для нормальной физиологической деятельности человека, разбавление и вынос вредных газов и пыли, нормальные тепловые условия. Параметры воздушного потока (расход воздуха и скорость его движения, турбулентность) должны обеспечивать решение этой задачи. Эффективность проветривания очистных выработок в значительной степени зависит от схемы вентиляции.

Схемой вентиляции участка или шахты называется план горных работ с нанесенным направлением движения свежей и исходящей струй (при необходимости наносятся также пути и направления утечек воздуха). Схемы вентиляции должны обеспечивать максимальное использование подаваемого в шахту воздуха, что достигается уменьшением его утечек, а также численности вентиляционных устройств и дополнительных источников тяги, устранением источников загрязнения поступающего воздуха, отводом исходящей из забоя струи непосредственно в вентиляционные выработки, в которых не ведутся горные работы.

Схемы вентиляции должны обеспечивать необходимый контроль за вентиляционными параметрами и управление ими при минимальных затратах на проветривание выемочных участков и шахты в целом. По форме взаимного соединения воздухоподающих, очистных и вентиляционных выработок схемы вентиляции выемочных участков подразделяются на *U* – образные, *Z*- образные, *V*- образные и *H*- образные (рис. 20.1).

Схема вентиляции	Порядок отработки	
	Прямой	Обратный
<i>U</i> – образная		
<i>Z</i> - образная		

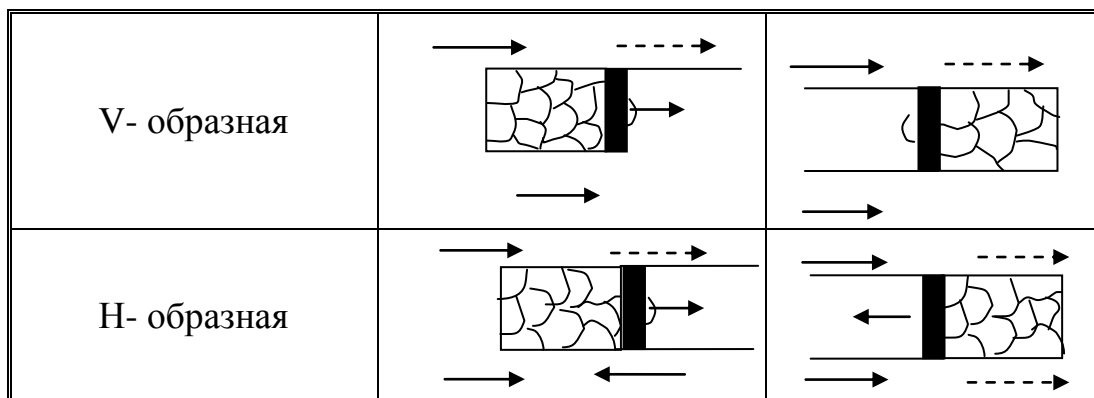


Рисунок 20.1 – Классификация схем вентиляции выемочных участков

Схема проветривания выемочного участка должна обеспечивать:

- устойчивое проветривание как при нормальных, так и аварийных режимах, благоприятные условия для спасения людей и ликвидации аварии;
- возможность ведения работ по эффективной дегазации на выемочных участках;
- на газообильных и глубоких шахтах, на которых естественная температура пород достигает 30°C и выше, полное обособленное разбавление вредностей (газ, пыль, тепло), выделяющихся из всех источников;
- максимальную нагрузку на очистной забой по газовому фактору; сокращение объема проведения тупиковых выработок за счет повторного использования откаточных выработок в качестве вентиляционных;
- возможность исключения образования опасных скоплений метана на сопряжениях лавы с вентиляционной выработкой;
- подачу к очистному забою свежего воздуха по двум выработкам при разработке выбросоопасных пластов.

При отработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, выбранная схема проветривания, кроме того, должна обеспечивать:

- минимальную ширину проветриваемой призабойной зоны выработанного пространства с тем, чтобы время ее проветривания было меньше продолжительности инкубационного периода самовозгорания угля;
- надежную изоляцию выработанных пространств по мере продвижения очистного забоя;
- возможность исключения, в случае возникновения пожара, выемочного участка (поля) из общей сети горных выработок.

Классификация схем проветривания выемочных участков в зависимости от степени обособленности разбавления вредностей по источникам поступления в рудничную атмосферу, направления выдачи исходящей из лавы струи воздуха, взаимного влияния очистных выработок на их проветривание, направление движения воздуха по очистной выработке и взаимного направления свежей и исходящей струй приведена в табл. 20.1.

Таблица 20.1 – Классификация схем проветривания выемочных участков

Основное классификационное деление	Классификационный признак	Варианты признака	Условные обозначения
Тип	Степень обособленности разбавления вредностей по источникам поступления	Последовательное Частичное Полное	1 2 3
Подтип	Направление выдачи исходящей из лавы струи воздуха	На выработанное пространство На массив угля Комбинированное	В М К
Класс	Зависимое или независимое проветривание очистных выработок	Независимое Зависимое	Н З
Подкласс	Направление движения воздуха по очистному забою	Восходящее Нисходящее Горизонтальное	в н г
Вид	Взаимное направление свежей и исходящей струй	Возвратноточное Прямоточное	вт пт

Для удобства пользования каждая схема обозначается сокращенно, например, 3-В-Н-н-пт, где 3-тип полное обособленное разбавление вредностей по источникам выделения; В – подтип, направление выдачи исходящей струи из лавы на выработанное пространство; Н – класс, независимое проветривание (одиночная лава); н - подкласс, нисходящее движение воздуха по лаве; пт – вид, прямоточное направление свежей и исходящей струй воздуха.

23.2 Расчет максимально допустимой нагрузки на забой по газовому фактору

Исходными данными для расчета максимально допустимой нагрузки на очистной забой являются: средняя ожидаемая метанообильность очистной выработки ($I_{оч}$, м³/мин), выемочного участка ($I_{уч}$, м³/мин) и расчетная нагрузка на очистной забой (A , т/сут), при которой определены $I_{оч}$ и $I_{уч}$, максимальный расход воздуха, который можно подать в очистную выработку ($Q_{оч\ max}$, м³/мин) и на выемочный участок ($Q_{уч\ max}$, м³/мин). Значения $I_{оч}$, $I_{уч}$, A , $Q_{оч\ max}$ и $Q_{уч\ max}$ определяются в соответствии с указаниями, приведенными в «Руководстве по проектированию вентиляции шахт».

Максимально допустимая нагрузка на очистной забой по газовому фактору (A_{max} , т/сут) рассчитывается по формуле:

$$A_{max} = A_p \cdot I_p^{-1,67} \cdot \left[\frac{Q_p \cdot C - C_0}{194} \right]^{1,93}, \quad (20.18)$$

где I_p – средняя абсолютная метанообильность очистной выработки ($I_{оч}$) или выемочного участка ($I_{уч}$), м³/мин;

Q_p – максимальный расход воздуха в очистной выработке ($Q_{оч}$) или на выемочном участке ($Q_{уч}$), который может быть использован для разбавления метана до допустимых ПБ норм, $м^3/мин$.

Значения $Q_{очmax}$, $k_{0,3}$, $k_{ут.в}$, C , C_0 определяются в соответствии с указаниями, приведенными в «Руководстве по проектированию вентиляции шахт».

Если при расчетах по формуле (20.18) A_{max} получается нагрузка меньше принятой при определении ожидаемой метанообильности очистной выработки выемочного участка, то необходимо заново рассчитать ожидаемую метанообильность, приняв при этом скорость подвигания очистного забоя $v_{оч}$, исходя из A_{max} , а затем расчет A_{max} повторить.

Литература

1. Аэрология горных предприятий. /К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев.- М.:Недра, 1987.- 421 с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда. К.:Основа, 1994.- 312 с.
3. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.- МУП СССР, МакНИИ, Макеевка-Донбасс, 1987.- 29 с.
- 4.

ЧАСТЬ IV
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТ И РУДНИКОВ

Лекция № 24

Проектирование вентиляции шахт

- 24.1 Общие положения.
- 24.2 Порядок проектирования проветривания шахт.
- 24.3 Способы проветривания шахт.
- 24.4 Выбор способов и схем проветривания шахт.
- 24.5 Расчет расхода воздуха для проветривания шахты.
- 24.6 Порядок выбора вентилятора главного проветривания.

Цель изучения темы:

Ознакомить студентов с порядком проектирования вентиляции шахт.

24.1 Общие положения

Проект вентиляции на период строительства новой, реконструкции или подготовки горизонтов действующей шахт разрабатывается проектными институтами, проектными конторами, группами шахтостроительных комбинатов (трестов) и производственных объединений. В подготовке исходных данных и выдаче рекомендаций по отдельным вопросам при разработке проектов участвуют геологоразведочные организации, шахты, научно-исследовательские институты и ГВГСС.

Согласно положению о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения, утвержденному отраслевым органом управления, геологоразведочные организации предоставляют организациям, занимающимся составлением прогноза газообильности:

- данные о природной метаноносности угольных пластов и вмещающих пород в пределах полей проектируемых шахт;
- схемы и карты опробования рабочих пластов с прогнозом газоносности и нанесением верхних границ зоны метановых газов, геологических нарушений, изогипс почвы или кровли пластов, геологоразведочных скважин (с указанием их номеров, отметок устьев и пересечений пластов, мощности и структуры пластов), линий геологических разрезов и, если возможно, изогаз; при отсутствии изогаз указывается природная метаноносность в м³/т с.б.и. по скважинам газового опробования;
- результаты технического анализа угольных пластов и пропластков, массовый и объемный выход летучих веществ, логарифм удельного электросопротивления антрацитов, пластовую влагу, зольность угля и генетическую классификацию углей в процентах;
- схематические геологические разрезы с нанесением верхних границ зоны метановых газов и, если возможно, изогаз;
- геологические разрезы скважин по форме, принятой в данном бассейне или районе, с обязательным нанесением всех пластов и пропластков угля и углистого сланца, с указанием их мощности, расстояний между ними, структуры вмещающих пород и коэффициента крепости пород по шкале проф. Протодьяконова;
- данные об обводненности пересекаемых породных и угольных пластов;

- константу, характеризующую химическую активность угля по отношению к кислороду воздуха; группы угольных пластов, склонных к самовозгоранию и опасных по внезапным выбросам;
- процентное содержание в угле компонентов группы фюзенита.

Угольные шахты представляют организациям, занимающимся составлением прогноза газообильности:

- данные о фактической метанообильности шахт, шахтопластов, крыльев, этажей, выемочных участков и отдельных выработок за период работы в соответствии с Инструкцией по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану;
- гипсометрические планы рабочих пластов с их выходом на поверхность в пределах границ поля действующей шахты и смежных с ними участков пластов, для которых необходимо составить прогноз метанообильности или углекислотообильности горных выработок.
- планы горных выработок по каждому разрабатываемому угольному пласту в пределах отработанной части шахтного поля действующей шахты, смежной с той частью шахтного поля, для которой требуется составить прогноз;
- на каждом плане горных выработок необходимо указать границы отработанных за каждый месяц площадей пласта на этажах (горизонтах), мощность пласта на площади отработки его за каждый месяц (общая, вынимаемая), геологические нарушения, обнаруженные в процессе ведения горных работ, места внезапных выбросов, внезапных прорывов метана из почвы и суфлярных выделений метана (с указанием продолжительности и расхода его), места очагов действующих и списанных эндогенных пожаров, фактическая месячная добыча угля, число дней, в которые производилась добыча угля в каждом месяце, способы управления кровлей и выемки угля в очистных забоях, дегазационные скважины;
- записку к плану горных выработок, в которой указаны способы и эффективность дегазации разрабатываемого пласта, сближенных пластов и выработанного пространства, параметры применявшихся способов дегазации, время и место подработки или наработки разрабатываемого пласта;
- геологические разрезы по стволам и квершлагам с нанесением всех пластов и пропластков угля и углистого сланца с указанием их мощности и строения;
- результаты технического анализа пластов и пропластков угля и углистого сланца.

При реконструкции шахты, кроме перечисленного выше, шахты предоставляют проектной организации:

- результаты газовой и депрессионной съемки и маркшейдерские данные о состоянии горных выработок на момент проектирования;
- акты обследования состояния вентиляционных установок главного проветривания;

- схему вентиляции с фактическим распределением расхода воздуха.

Проектные организации определяют ожидаемую метанообильность (углекислотообильность) горных выработок проектируемой шахты или горизонта и производят необходимые расчеты по газовому фактору; решают вопросы целесообразности дегазации. Пользуясь “Руководством по дегазации угольных шахт”, применяя при этом наиболее эффективные способы, обеспечивающие заданную нагрузку на очистной забой, выбирают схему проветривания выемочного участка, шахты и способ проветривания шахты с учетом пластов, склонных к самовозгоранию, внезапным выбросам и прорывам метана из почвы; рассчитывают расход воздуха для проветривания шахты, депрессию ее; выбирают вентиляторы главного проветривания и воздухонагреватели; определяют устойчивость вентиляции в соответствии с “Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт”.

Разрабатывают проект вентиляции на период строительства шахты, включающий выбор схем проветривания при проходке и армировке стволов и проведении горизонтальных и наклонных тупиковых выработок, расчет расхода воздуха, выбор средств проветривания, способов и средств подогрева воздуха, подаваемого в выработки.

Научно-исследовательские институты консультируют проектные организации, производственные объединения (комбинаты), концерны, ассоциации и шахты по всем вопросам проектирования вентиляции новых и реконструируемых шахт. При необходимости разрабатывают рекомендации по проектированию вентиляции для вновь применяемой технологии выемки угля и специфических условий бассейна, не нашедших отражения в Руководстве по проектированию вентиляции угольных шахт.

Служба ГВГСС выполняет депрессионные и газоздушные съемки шахт и отдельных объектов. Производит расчеты воздухораспределения в сети горных выработок и устойчивости проветривания шахт.

24.2 Порядок проектирования проветривания шахт

Проектирование вентиляции новых шахт и на период строительства включает следующие этапы:

- составляется прогноз метанообильности (углекислотообильности) тупиковых выработок;
- выбираются варианты схем проветривания стволов при их проходке, армировке, а также при проведении горизонтальных и наклонных выработок с учетом календарного плана работ;
- выбираются схемы и средства для проветривания башенных копров;
- производится расчет расхода воздуха для каждой тупиковой выработки, выбор трубопроводов и средств проветривания по периодам развития горных работ, которые определяются соединением новых выработок в замкнутую сеть, позволяющую увеличить число подготовительных выработок, проветриваемых за счет общешахтной депрессии;
- в каждый период развития горных работ определяются расход воздуха для проветривания горных выработок в соответствии с “Руководством по

проектированию вентиляции угольных шахт” и осуществляется тепловой расчет в соответствии с “Единой методикой прогнозирования температурных условий в угольных шахтах”, если естественная температура горных пород для проектируемой глубины разработки достигла 30⁰С и более;

- производится расчет воздухонагревательной установки и выбор места для нее;
- определяются режимы работы вентиляционной установки на период проходки стволов и проведения тупиковых выработок. Выбор вентиляционной установки может осуществляться по периодам развития горных работ.

При проектировании вентиляции реконструируемых шахт необходимо, кроме указанных требований, выполнение дополнительных работ.

4. Для составления газового баланса по шахте следует проводить специальные газовые съемки на выемочных участках и по шахте в целом по методике, изложенной в “Руководстве по производству депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах”.
5. Для определения фактических аэродинамических сопротивлений ветвей, мест утечек и их величины используются также данные депрессионной съемки выработок шахты, а при необходимости проводятся дополнительно депрессионные съемки. Аэродинамическое сопротивление существующих выработок, используемых при реконструкции, принимается равным фактическому, если выработки находятся в удовлетворительном состоянии.
6. При применении схем проветривания для повышения устойчивости вентиляции следует избегать диагоналей или стремиться к уменьшению их числа, правильно размещать отрицательные регуляторы, сокращать число вентиляционных установок главного проветривания (до одной на крыло, блок).

24.3 Способы проветривания шахт

Для обеспечения движения воздуха по горным выработкам в данном направлении и с требуемой интенсивностью необходимо создать определенный перепад давления воздуха на пути его движения. В зависимости от способа создания необходимого перепада давления воздуха различают нагнетательный, всасывающий и нагнетательно-всасывающий (комбинированный) способы вентиляции (рис. 21.1). Нагнетательный способ вентиляции состоит в том, что перепад давления в шахте создается путем повышения давления воздуха вентилятором в воздухоподающем стволе. За счет механической энергии вентилятора нормальное атмосферное давление воздуха p_a увеличивается на выходе из вентилятора до величины p_1 , а в устье ствола, отводящего воздух на поверхность, оно остается равным атмосферному. Таким образом, в выработках шахты создается перепад давления представляющий собой депрессию шахты, которая определяется формулой

$$h = p_1 - p_a.$$

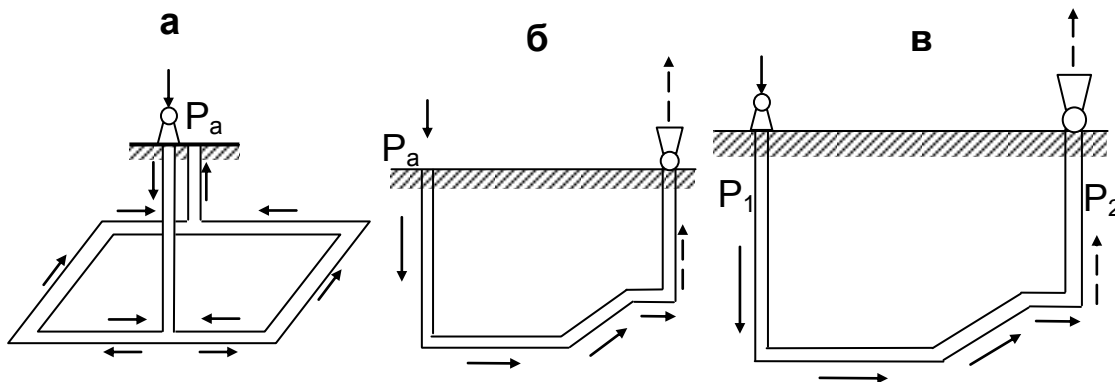


Рисунок 21.1 – Способы вентиляции шахт

а - нагнетательный;

б – всасывающий;

в – нагнетательно-всасывающий

Достоинства нагнетательного способа - возможность применения одной вентиляторной установки (при наличии разветвлений вентиляционной сети), располагаемой, как правило, в центре шахтного поля ведения горных работ без общего вентиляционного горизонта, высокая устойчивость работы главного вентилятора, удобство регулирования распределения расхода воздуха в сети и управления вентиляционными режимами при авариях, длительный срок службы вентилятора, отсутствие подсосов воздуха через обрушенные породы. Недостатки нагнетательного способа – необходимость устройства герметичного надшахтного здания и воздухоподающего ствола, а также установки мощного главного вентилятора с большим диапазоном регулирования расхода воздуха и депрессии, возможность загазования выработок и возникновения взрывоопасной среды при аварийной остановке вентилятора в газовых шахтах.

При всасывающем способе вентиляции необходимый для движения воздуха перепад давления создается путем разрежения воздуха вентилятором в устье ствола, отводящего воздух. За счет механической работы вентилятора давление воздуха в устье ствола уменьшается до значения p_2 , меньшего нормального атмосферного давления. В этом случае депрессия шахты определяется по формуле:

$$h = p_a - p_2.$$

При этом давление воздуха в любой точке горных выработок $< p_a$. Поэтому, в случае остановки вентилятора, воздух с дневной поверхности будет поступать в горные выработки под действием разности между атмосферным давлением и давлением воздуха в шахте. Это особенно важно для газовых шахт, так как в таких случаях давление в выработках будет повышаться, вызывая замедление процесса загазования выработок. Всасывающий способ вентиляции позволяет применять как одну центральную вентиляторную установку, так и несколько. В случае установки одного центрального вентилятора, работа его устойчива, легче осуществляется регулирование распределения воздуха в выработках и реверсирование струи. Однако, при этом необходимо систематически осматривать и очищать канал вентилятора от рудничной пыли. В газовых шахтах особенно важно систематически контролировать содержание метана в общей исходящей

струе, так как вероятность взрыва метана при проходе воздушной струи через вентиляторную установку возрастает. При установке нескольких вентиляторов на различных стволах шахты повышается интенсивность и эффективность проветривания выемочных участков на флангах шахтного поля.

В этом случае возможно использовать менее мощные вентиляторы, особенно на шахтах, имеющих большую протяженность выработок. Однако, при использовании нескольких вентиляторов сложнее регулировать воздушные потоки. При этом возрастают затраты энергии на проветривание (вследствие того, что некоторые вентиляторы работают в неэкономичном режиме), имеют место подсосы воздуха с поверхности через зоны обрушения, трещины и провалы, что вызывает загрязнение воздуха в очистных забоях и снижение интенсивности вентиляции, а на пластах, опасных по самовозгоранию, может явиться причиной возникновения пожаров. Поэтому всасывающий способ вентиляции применяется при разработке угольных пластов, не склонных к самовозгоранию (на глубине >200м) и не имеющих аэродинамической связи с поверхностью через зоны обрушения, провалы, трещины и др.

Нагнетательно-всасывающий способ вентиляции заключается в том, что в одной части выработок шахты нагнетательным вентилятором создается избыточное давление воздуха, а в другой части всасывающим вентилятором - разрежение. Депрессия шахты, создаваемая нагнетательным и всасывающим вентиляторами, определяется по формуле:

$$h = p_1 - p_2.$$

При нагнетательно-всасывающем способе вентиляции в шахте имеется область, в которой давление воздуха равно нормальному атмосферному давлению. Между этой областью и дневной поверхностью перепад давления равен нулю, что даже при наличии каналов для прохода воздуха исключает его движение. Поэтому нагнетательно-всасывающий способ применяется в случаях, когда необходимо ликвидировать или уменьшить утечки или подсосы воздуха через выработанное пространство и трещины. Способ позволяет распределить общешахтную депрессию на два последовательно работающих вентилятора, устанавливаемых в воздухоподающем и воздухоотводящем стволах. Несмотря на то, что способ дает возможность получать высокие перепады давления на пути движения воздуха, аэродинамическая связь выработок с дневной поверхностью уменьшается, что является несомненным преимуществом по сравнению с нагнетательным и всасывающими способами вентиляции. Однако при наличии нескольких всасывающих вентиляторов и разбросанности горных работ возникают трудности в управлении проветриванием. Способ применяется на шахтах при значительной протяженности горных выработок и разработке самовозгорающихся углей и руд.

24.4 Выбор способов и схем проветривания шахт

Выбор способа проветривания шахты должен производиться на основе технико-экономического сравнения.

В качестве основного способа проветривания при проектировании вентиляции газовых шахт рекомендуется всасывающий.

Нагнетательный способ проветривания можно применять на негазовых шахтах и на газовых – при метанообильности шахты не более $10\text{м}^3/\text{т}$, при

отработке первого горизонта и на шахтах, имеющих аэродинамическую связь горных выработок и выработанных пространств с поверхностью при фланговых схемах проветривания.

При проектировании новых шахт следует, как правило, отказываться от установки вентиляторов главного проветривания у скиповых стволов.

В случае установки вентиляторов на скиповых стволах должны быть разработаны специальные мероприятия по герметизации надшахтных зданий, улавливанию пыли в них, механизации очистки каналов от пыли, автоматизации контроля заполнения бункеров углем.

При проектировании схемы проветривания шахты необходимо обеспечить:

- устойчивый режим проветривания на весь период эксплуатации шахты;
- минимальное число вентиляционных сооружений в целях снижения утечек воздуха и повышения надежности вентиляции;
- обособленное проветривание главных транспортных выработок, оборудованных ленточными конвейерами, или использование их для отвода исходящих вентиляционных струй.

Схема проветривания шахты может быть единой или секционной. При секционной схеме проветривания все шахтное поле разделяется на отдельные обособленно проветриваемые части-секции (блоки). Эта схема рекомендуется для глубоких газообильных шахт с большой производственной мощностью и значительными размерами шахтного поля. Экономическая целесообразность ее применения в каждом конкретном случае определяется технико-экономическим анализом.

В зависимости от направления движения воздуха схема проветривания может быть центральной, фланговой и комбинированной.

Наиболее рациональна фланговая схема проветривания. Ее применение позволяет уменьшить депрессию шахты, внешние и внутренние утечки воздуха. Она должна быть основной для абсолютного большинства угольных шахт, особенно при больших размерах шахтных полей по простиранию и при разработке газоносных, склонных к самовозгоранию угольных пластов.

Центральная схема проветривания может применяться лишь при небольшой длине шахтного поля (как правило, до 2 км), метанообильности до 15 м³/т и производственной мощности не более 2000 т/сутки.

Комбинированная схема рекомендуется при проектировании вентиляции реконструируемых шахт.

В каждом конкретном случае выбор способа и схемы проветривания шахты следует производить на основе технико-экономических расчетов одновременно с выбором схемы вскрытия, способа подготовки, системы разработки и порядка отработки пластов в свите.

24.5 Расчет расхода воздуха для проветривания шахты

Расход воздуха для шахты в целом определяется по формуле:

$$Q_{ш} = 1,1 \cdot \left(\sum Q_{уч} + \sum Q_{т.в} + \sum Q_{пог.в} + \sum Q_{под.в} + \sum Q_k + \sum Q_{ут} \right) \quad (21.1)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воздуха по сети горных выработок;

$\Sigma Q_{\text{уч}}$ - расход воздуха для проветривания выемочных участков, м³/мин;

$\Sigma Q_{\text{т.в}}$ - расход воздуха, подаваемый к всасам ВМП для обособленного проветривания тупиковых выработок, м³/мин; на газовых шахтах расход воздуха для проветривания тупиковых выработок, проводимых за пределами выемочных участков, кроме выработок, проводимых по негазоносным породам, принимается с учетом обособленного их проветривания;

$\Sigma Q_{\text{пог.в}}$ - расход воздуха для обособленного проветривания погашаемых выработок, м³/мин;

$\Sigma Q_{\text{под.в}}$ - расход воздуха для обособленного проветривания поддерживаемых выработок, м³/мин;

$\Sigma Q_{\text{к}}$ - расход воздуха для обособленного проветривания камер, м³/мин;

$\Sigma Q_{\text{ут}}$ - утечки воздуха через вентиляционные сооружения, расположенные за пределами выемочных участков, м³/мин.

При нескольких вентиляционных установках по формуле (21.1) определяется в соответствии со схемой проветривания расход воздуха по группам выработок (крылу, шахтопласту), проветриваемым отдельными вентиляторами, а общий расход воздуха для шахты рассчитывается как сумма полученных результатов.

Расход воздуха для проветривания шахты, определенный по формуле (21.1), определяется в соответствии со схемой проветривания расхода воздуха по группам выработок (крылу, шахтопласту), проветриваемым отдельными вентиляторами, а общий расход воздуха для шахты рассчитывается как сумма полученных результатов.

Расход воздуха для проветривания шахты, определенный по формуле (21.1), должен удовлетворять при проектировании условию формулы (21.2), а для действующих шахт – (21.3):

$$Q_{\text{ш}} = 133,3 \cdot (\Sigma \bar{I}_{\text{уч}} + \Sigma \bar{I}_{\text{т.в}} + \Sigma \bar{I}_{\text{ст}} + \Sigma \bar{I}_{\text{о.в}}), \quad (21.2)$$

где $\Sigma \bar{I}_{\text{уч}}$ - абсолютное среднее газовыделение на выемочных участках, м³/мин;

$\Sigma \bar{I}_{\text{т.в}}$ - абсолютное среднее газовыделение из обособленно проветриваемых тупиковых выработок, м³/мин;

$\Sigma \bar{I}_{\text{ст}}$ - абсолютное среднее газовыделение из старых выработанных пространств ранее отработанных этажей и горизонтов, м³/мин;

$\Sigma \bar{I}_{\text{о.в}}$ - абсолютное среднее газовыделение из погашаемых и поддерживаемых выработок, м³/мин;

$$Q_{\text{ш}} \geq \frac{100 \cdot k_{\text{н.ш}}}{C - C_0} \cdot \Sigma \bar{I}_{\text{исх}}, \quad (21.3)$$

где $k_{\text{н.ш}}$ - коэффициент неравномерности газовыделения в шахте; для условий шахт Днепровского бурогоугольного бассейна принимается равным 2,3, а для прочих условий – 1,1;

C – допустимая концентрация газа в исходящих из шахты вентиляционных струях, %; принимается согласно ПБ;

C_0 – концентрация газа в атмосферном воздухе на поверхности шахты, %; при расчете по метановыделению принимается равной 0, а при расчете по углекислому газу определяется по данным анализов;

$\sum \bar{I}_{\text{исх}}$ - абсолютное среднее газовыделение в исходящих из шахты вентиляционных струях, м³/мин.

Расход воздуха для проветривания шахты на период строительства определяется по формуле (21.1).

24.6 Порядок выбора вентилятора главного проветривания

Исходными данными для выбора вентилятора и проектирования главной вентиляционной установки (ГВУ) являются требуемые аэродинамические рабочие режимы вентилятора, представляющие совокупность значений (Q_v , h_v) подачи и статического давления вентилятора для различных периодов эксплуатации.

Продолжительность и количество периодов эксплуатации вентиляционной установки определяются изменением режима проветривания шахты по подаче и (или) давлению, обусловленным развитием горных работ (в том числе и в период строительства шахты), технологией угледобычи и расчетным сроком службы установки.

При выборе вентилятора предпочтение отдают тому, рабочая область режимов которого включает все расчетные режимы Q_{vj} , h_{vj} .

Если расчетные параметры проветривания обеспечивают несколько различных вентиляторов, выбирают наиболее экономичный вариант установки.

Расчет экономических параметров осуществляют для вентиляционной установки, состоящей из рабочего и резервного вентиляторов, комплекта средств для реверсирования воздушной струи и перехода с работающего вентилятора на резервный (КСРП), электропривода с пускорегулирующей аппаратурой, аппаратурой контроля, дистанционного и автоматизированного управления, защиты и сигнализации, а также зданий, фундаментов, каналов и сооружений, грузоподъемного и вентиляционного оборудования, высоковольтных ячеек, кабельной продукции и др.

По результатам расчетов определяют вентиляторы, обеспечивающие последовательно все заданные режимы, вычисляют для отобранных вариантов экономические показатели на каждый период эксплуатации установки и выбирают вентиляторы, обеспечивающие минимальные затраты на весь срок службы. Окончательный выбор типа вентилятора осуществляют с учетом технических и социальных факторов.

К техническим и социальным факторам, определяющим окончательный выбор типа установки, относятся размеры установки, условия привязки к стройплощадке, наличие комплектующего оборудования, возможность поставки оборудования к началу монтажа, выполнение санитарных норм по шуму, а также типы вентиляторов других установок на шахте, технический уровень и традиции эксплуатации на данном предприятии.

Предварительный выбор вентиляторов для совместной работы производится по той же методике, что и для одиночной работы. Однако, после выбора вентиляторов, если их напорные характеристики имеют седлообразную форму (осевые вентиляторы), необходима проверка устойчивости их совместной работы.

Работа параллельно включенных в сеть вентиляторов будет устойчивой в том случае, если напорная характеристика каждого вентилятора и аэродинамическая характеристика сети в месте его включения пересекаются только в одной точке. Эта точка должна находиться на нисходящей ветви характеристики вентилятора.

Методика проверки устойчивости совместной работы вентиляторов сводится к расчету воздухораспределения в вентиляционной сети при заданных расходах воздуха на объектах проветривания и построению аэродинамических характеристик сети в местах включения вентиляторов. Если напорные характеристики вентиляторов пересекаются характеристиками сети в одной точке, лежащей в рабочей области, то режимы будут устойчивыми (однозначными). При пересечении характеристик в нескольких точках режимы работы вентиляторов будут неустойчивыми (многозначными).

Литература

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Государственный нормативный акт об охране труда.- К.:Основа, 1994.- 312 с.
2. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.

Промышленная вентиляция

25.1. Общие положения.

25.2 Основные вредности промышленных предприятий и способы определения воздухообмена.

25.3. Искусственная вентиляция.

Цель изучения темы:

Изучение основ вентиляции промышленных зданий и сооружений.

25.1 Общие положения

Промышленной вентиляцией называют организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу взамен его свежего.

Основной задачей промышленной вентиляции является поддержание в помещениях устойчивого состава воздуха надлежащей чистоты и тепловой эффективности, соответствующих степени тяжести работ. Кроме гигиенических условий, к промышленной вентиляции могут предъявляться специфические требования обеспечения сохранности продуктов, оборудования, строительных конструкций или различных ценностей.

В круг задач промышленной вентиляции входит определение необходимого количества свежего воздуха, способов проветривания, места подвода, обработки воздуха и выбора средств его подачи и отвода. Поэтому промышленная вентиляция связана со многими отраслями знаний. Так, промышленная гигиена дает ответ о необходимых параметрах воздуха в рабочей зоне или во всем помещении, термодинамика предопределяет характер процессов обработки воздуха для придания ему соответствующего влаго- и теплосодержания. Связь вентиляции с отоплением состоит в том, что поддержание температуры внутри помещения решается совместно средствами отопления и вентиляции. Законы теплопередачи позволяют производить количественную оценку теплообменных процессов в помещении, вызываемых измененными температурными условиями и выделяемого оборудованием тепла.

Учет технологии производства позволяет сочетать вентиляционные задачи со специфическими условиями производственных процессов. Ряд других вопросов вентиляции решается в сочетании с различными отраслями наук.

Промышленная вентиляция делится на естественную (аэрация) и искусственную. Основное различие между ними заключается в способе осуществления воздухообмена помещений.

25.2. Основные вредности промышленных предприятий и способы определения воздухообмена

Воздух промышленных помещений – это смесь газов и паров, заполняющих помещение, почти всегда содержащая некоторое количество пыли. Главные составные части атмосферного воздуха приведены в лекции 2.

К вредностям относятся: ядовитые и вредные газы, избыточная влага, пыль и сажа, тепловое и радиоактивное облучение. Эти вредности чаще всего

встречаются в различных комбинациях. Расчет необходимого воздухообмена ведется по преобладающей над остальными вредностью.

Состояние здоровья и производительность труда людей зависят не только от наличия в воздухе различных вредностей, но и от метеорологических условий. В комплекс метеорологических условий входят: температура, влажность и скорость движения воздуха. Метеорологические условия должны обеспечивать удаление избытка тепла из организма человека и создавать такие условия среды, чтобы человек, выполняя определённую физическую работу, не ощущал ни холода, ни тепла, т.е. условия труда должны быть комфортными.

При расчёте количества воздуха исходят из наличия вредностей и количества людей, работающих в помещении. Расход воздуха, исходя из числа работающих, определяется по формуле:

$$Q_n = n \cdot q \cdot z \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (22.1)$$

где n – максимальное число находящихся в помещении рабочих в смену;

q – норма воздуха на одного рабочего, $\text{м}^3/\text{ч}$;

z – коэффициент запаса, равный $1,15 \div 1,2$.

Согласно санитарным нормам, величину q принимают не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждого работающего в помещениях с объемом на одного работающего менее 20 м^3 и не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ в помещениях с объемом на одного работающего от 20 до 40 м^3 . В помещениях с объемом на одного работающего больше 40 м^3 предусматривается проветривание путем открывания форточек и окон.

В закрытые производственные помещения, не имеющие окон и вентиляционных фонарей, должно подаваться воздуха на одного работающего не менее $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Количество воздуха, необходимого для разжижения вредных примесей до допустимых концентраций, определяется по формуле:

$$Q_{\text{вр}} = \frac{G}{c_2 - c_1}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (22.2)$$

где G - количество вредностей, поступающих в воздух помещения от всех источников, $\text{г}/\text{м}^3$;

$$G = (n_2 - n_1) \cdot V, \text{ г}/\text{ч}; \quad (22.3)$$

c_1 - содержание вредностей в чистом воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

c_2 - предельно допустимое содержание вредности в воздухе рабочего помещения, $\text{г}/\text{м}^3$;

n_1 - концентрация вредностей в приточном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

n_2 - концентрация вредностей в отработанном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

V - часовой объем подаваемого в помещение воздуха.

Количество воздуха, необходимого для удаления избытка тепла, определяется по формуле:

$$Q = \frac{B}{c \cdot \gamma \cdot (t_2 - t_1)}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (22.4)$$

где B - избыток тепла, ккал/ч;

t_2 - температура удаляемого воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

t_1 - температура приточного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

γ - удельный вес приточного воздуха $\text{кг}/\text{м}^3$;

c - 0,24- теплоемкость воздуха, ккал/кг·град.

Количество воздуха, отсасываемого из-под укрытий, определяется по формулам:

а) при наличии зонта

$$Q_3 = 3600 \cdot v_3 \cdot F \cdot Q_{\text{вр}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (22.5)$$

где F - площадь нижнего сечения зонта, м^2 ;

v_3 - скорость движения воздуха в нижнем сечении зонта, м/сек.

Принимается: при открытом со всех сторон зонте $v_3 = 1,05 \div 1,25$ м/сек; с трех сторон $v_3 = 0,9 \div 1,05$ м/сек; с двух сторон $v_3 = 0,75 \div 0,9$ м/сек;

б) при наличии кожуха

$$Q_k = 3600 \cdot v \cdot \sum_1^n S \cdot Z + Q_{\text{вр}}, \quad (22.6)$$

где v - скорость воздуха в сечении всасывающих отверстий укрытия, м/сек;

$\sum_1^n S$ - суммарная площадь всех отверстий в укрытии, м^2 ;

Z - коэффициент запаса, учитывающий неплотности укрытия;

$Z = 1,1 \div 1,5$;

$Q_{\text{вр}}$ - объем выделяющихся вредностей, $\text{м}^3/\text{ч}$.

При проектировании вентиляции производственных помещений, когда определить количество вредностей затруднительно, пользуются коэффициентом кратности воздухообмена

$$K = \frac{V_{\text{вент}}}{V_{\text{пом}}}, \quad (22.7)$$

где $V_{\text{пом}}$ - объем помещения, подлежащего проветриванию, м^3 ;

$V_{\text{вент}}$ - объем воздуха, необходимого для воздухообмена, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Приняв по нормам соответствующую кратность воздухообмена в час, определяют количество воздуха, необходимого для проветривания рабочего помещения:

$$Q = K \cdot V_{\text{пом}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (22.8)$$

25.3 Искусственная вентиляция

Искусственная вентиляция осуществляется за счет механического побуждения движения воздуха, в качестве источников которого могут

применяться вентиляторы, эжекторы или энергия сжатого воздуха.

Преимуществом искусственной вентиляции, по сравнению с естественной, является возможность обработки воздуха (подогрев, увлажнение или осушение, очистка от примесей), подачи постоянного количества воздуха и обеспечения требуемого его распределения по отдельным местам.

По функциональному признаку различают вытяжную, приточную или проточно-вытяжную вентиляцию.

При вытяжной вентиляции отработанный воздух удаляется из помещения вентилятором, а свежий воздух поступает в помещение через вентиляционные проемы за счет разрежения, создаваемого им.

Приточная вентиляция отличается от вытяжной тем, что чистый воздух в помещение нагнетается, вследствие чего в нем создается повышенное давление, под влиянием которого отработанный воздух через разного рода неплотности и вентиляционные проемы выходит наружу.

Приточно-вытяжная вентиляция устраивается для организованного (регулируемого) притока и удаления воздуха из помещений. В данном случае имеет место равенство количества поступающего и удаляемого воздуха.

В холодный период времени года для уменьшения расходов на обогрев воздуха применяют частичную рециркуляцию воздуха. При этом подогревается не весь подаваемый в помещение воздух, а часть его, другая часть из вытяжной системы используется повторно. Подаваемый повторно воздух должен содержать не более 30% вредных примесей, при этом общее содержание вредностей не должно превышать допустимых норм. К циркулирующему воздуху должен добавляться свежий воздух в объеме не менее 10% общего количества.

Рециркуляционные системы вентиляции не могут применяться при наличии сильно ядовитых веществ.

В зависимости от способа организации воздухообмена различают общеобменную (общую) и местную вентиляцию.

Общеобменная вентиляция применяется в тех случаях, когда требуется разжижение вредностей во всем объеме до допустимых пределов. В этих случаях происходит постоянный воздухообмен во всем помещении.

Местная вытяжная вентиляция предназначена для улавливания вредностей в отдельных источниках образования во избежание их распространения по всему помещению. При этом на отдельных рабочих местах создаются условия воздушной среды, отличные от среды всего помещения.

Вся установка для местных отсосов воздуха, состоящая из вентиляторной установки, системы воздухопроводов и устройства для очистки воздуха, заборников (кожухов или зондов), называется системой аспирации.

Литература

1. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256 с.
2. Милетич А.Ф., Яровой И.М., Бойко В.А. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1972.- 248 с.

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»

Хакимов Ш. И.



ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

По предмету

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЭРОЛОГИЯ ШАХТ И РУДНИКОВ»

для магистрантов по специальности 5А 311601 – «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых»

Навои – 2016

**Прогнозирование и способы предотвращения
выбросоопасности (2 часа)**

Цель изучения темы: Изучение методы прогнозирования и способы предотвращения выбросоопасности

Студенты должны знать: Методы прогнозирования и способы предотвращения выбросоопасности угольных шахт

Для безопасной разработки выбросоопасных и угрожаемых угольных пластов предусматривают следующие меры:

- а) прогноз выбросоопасности;
- б) опережающую разработку защитных пластов;
- в) систему разработки и технологию в очистных и подготовительных забоях, снижающих вероятность возникновения внезапных выбросов угля и газа;
- г) способы предотвращения внезапных выбросов угля и газа и контроль их эффективности;
- д) мероприятия по обеспечению безопасности работающих.

Вскрытие пластов, а также очистные и подготовительные работы в пределах защищенных зон производят без применения прогноза выбросоопасности и способов предотвращения внезапных выбросов угля, породы и газа, а взрывные работы ведут в режиме, предусмотренном для сверхкатегорийных по газу шахт.

Незащищенные выбросоопасные угольные шахтопласты должны отрабатываться с применением прогноза и способов предотвращения внезапных выбросов.

Региональные способы предназначены для заблаговременной обработки угольного массива впереди очистных и подготовительных забоев. К региональным способам относятся: опережающая отработка защитных пластов, дегазация угольных пластов, увлажнение угольных пластов. Перечень пластов (участков), где должны применяться региональные способы предотвращения внезапных выбросов, определяет на стадии составления проектов строительства шахт (горизонтов), а на действующих шахтах – ежегодно при подготовке годовых программ горных работ.

Локальные способы предназначены для приведения призабойной части угольного массива в невыбросоопасное состояние, их осуществляют со стороны очистных или подготовительных забоев. К локальным способам относятся: низконапорное увлажнение угольного пласта, гидрорыхление, гидроотжим пласта, бурение опережающих скважин, гидровывывание опережающих полостей, образование разгрузочных пазов и щелей, торпедирование угольного массива. Во всех случаях применения региональных и локальных способов

предотвращения внезапных выбросов угля и газа необходимо осуществлять контроль их эффективности.

При разработке незащищенных выбросоопасных угольных шахтопластов должны применяться следующие мероприятия по обеспечению безопасности работающих: производство взрывных работ в режиме сотрясательного взрывания; схемы вентиляции, обеспечивающие устойчивое проветривание забоев с подсыжением исходящей из очистного забоя струи воздуха; регламентацию последовательности выполнения технологических процессов и способов предотвращения внезапных выбросов угля и газа при работе в опасных зонах; организацию телеметрического контроля за содержанием метана в очистных и подготовительных забоях, в том числе при сотрясательном взрывании в угольных и смешанных забоях; устройство индивидуального и групповых отводов сжатого воздуха, переносных спасательных пунктов; телефонную связь; дистанционное управление машинами и механизмами.

Для особо выбросоопасных шахтопластов и участков технический директор производственного объединения определяет комплекс мер, а также дополнительные мероприятия (устанавливается скорость подвигания очистных и подготовительных забоев, технологические перерывы между технологическими процессами, максимальная глубина ниш и др.). Контроль продолжительности технологического перерыва между производственными процессами при струговой выемке угля обеспечивается аппаратурой АКМ с телеметрической регистрацией.

Прогноз выбросоопасности угольных пластов производят на следующих этапах освоения месторождения (шахтного поля):

- при ведении геологоразведочных работ;
- при вскрытии пластов;
- при проведении подготовительных выработок и ведении очистных работ.

Прогноз выбросоопасности пластов при ведении геологоразведочных работ в бассейне производят геологоразведочные организации

Перед вскрытием квершлагами и другими полевыми выработками выбросоопасных или угрожаемых шахтопластов должен осуществляться прогноз их выбросоопасности в месте вскрытия. Результаты прогноза оформляют актом.

При подходе вскрывающей полевой выработки к пласту, начиная с 10м по нормали, из забоя выработки на пласт производят бурение разведочных скважин глубиной не менее 5м для уточнения положения, угла падения и мощности пласта.

Схему расположения скважин (не менее двух), их глубину и периодичность бурения определяют главный инженер и геолог шахты из расчета, что разведанная толща между пластом и выработкой составляет не менее 5м. Фактическое положение скважин должно быть нанесено на рабочий эскиз выработки с привязкой к маркшейдерскому знаку. Контроль за положением забоя

относительно пласта по данным разведочного бурения осуществляется под руководством геолога.

При подходе забоя вскрывающей выработки на расстояние не менее 3м (по нормали) к угольному пласту бурят контрольные скважины (шпуры) для установления показателей, используемых при прогнозе выбросоопасности пласта в месте вскрытия. Отбор проб угля с разделением их по угольным пачкам производят колонковой трубой или с помощью керноборника. Скважины для отбора проб угля должны пересекать пласт в пределах проектного сечения выработки. Пробы отбирают с каждого метрового интервала скважин по всей мощности пласта.

При вскрытии пологих пластов мощностью более 2 м отбор проб производят на участке до входа выработки в пласт на полное сечение. Дальнейшее пересечение пласта осуществляется с прогнозом выбросоопасности.

Пересечение пологого угольного пласта при прогнозе «неопасно» и отсутствии выброса при его вскрытии может осуществляться с применением текущего прогноза выбросоопасности.

Оценку выбросоопасности угольных пластов производят по номограмме (рис. 1.1), в зависимости от значений действующих сил (P_a) и устойчивости угольных пластов (M_n).

P_a

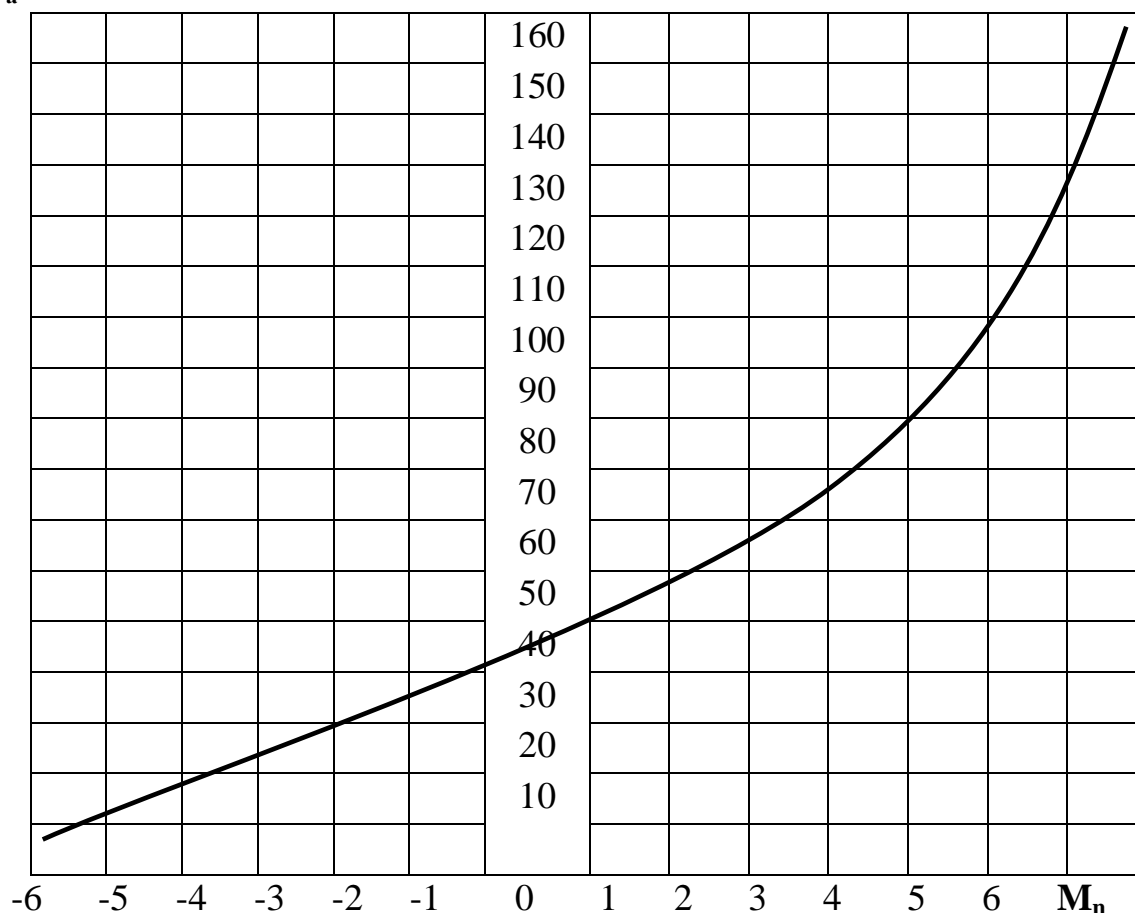


Рисунок 1.1 — Номограмма для оценки выбросоопасности угольных пластов

При положении точки с координатами P_a и M_n на номограмме ниже кривой шахтопласт разрабатывают с локальным прогнозом.

При положении этой точки выше кривой шахтопласт разрабатывают с текущим прогнозом выбросоопасности.

При положении точки с координатами P_a и M_n на номограмме ниже кривой шахтопласт разрабатывают с локальным прогнозом.

При положении этой точки выше кривой шахтопласт разрабатывают с текущим прогнозом выбросоопасности.

Показатели P_a и M_n вычисляют по следующим формулам:

$$P_a = P_r + 0,1 \cdot H; \quad (1.1)$$

$$M_n = \bar{M} - \delta_M; \quad (1.2)$$

$$M = q_0 - b; \quad (1.3)$$

$$q_0 = \alpha \cdot q - \beta; \quad (1.4)$$

$$B = m + \gamma \cdot (\alpha_1 + \beta_1 \cdot n), \quad (1.5)$$

где H - глубина расположения обследуемой выработки, м;

P_r - давление газа в угольном пласте, кгс/см²;

M , \bar{M} - соответственно, единичное и среднееарифметическое значение устойчивости пласта;

δ_M - среднеквадратическое отклонение, характеризующее неоднородность пласта (принимают в зависимости от M по табл. 1.1)

q_0 - обобщенный показатель прочности пласта с учетом его нарушенности;

B - обобщенный показатель структуры пласта с учетом его мощности;

q - приведенная прочность пласта;

m - мощность пласта, м;

n - число угольных пачек, слагающих пласт;

α , β , γ , α_1 , β_1 - эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.2.

$$q = \frac{q_1 \cdot m_1 + q_2 \cdot m_2 + \dots + q_c \cdot m_c}{m_1 + m_2 + \dots + m_c},$$

где $q_1, q_2 \dots q_c$ - прочность угольных пачек в забое выработки;

$m_1, m_2 \dots m_c$ - мощность угольных пачек, м.

Таблица 1.1

M	0,5	0,51- 1,0	1,01- 1,5	1,51- 2,0	2,01- 2,5	2,51- 3,0	3,01- 3,5	3,51- 4,0	4,01- 4,5	4,51- 5,0	5,01- 5,5	5,5
δ_M	1,50	1,38	1,25	1,13	1,00	0,83	0,75	0,63	0,50	0,37	0,25	0,15

Таблица 1.2

Значение коэффициентов					
α	β	γ	α_1	β_1	φ
0,17	6,90	0,35	0,25	1,40	10,00

Обследование локальным прогнозом в полном объеме состоит из 10 циклозамеров критериев локального прогноза, измеряемых через каждые 2–3 м подвигания забоя (20÷30 м подвигания выработки).

В дальнейшем периодичность обследования устанавливают в зависимости от критической глубины ($H_{кр}$), на которой возможно появление выбросов угля и газа:

при $(H_{кр} - H) \leq 100$ м – через 30 м подвигания;

при $100 < (H_{кр} - H) < 200$ м – через 100 м подвигания;

при $(H_{кр} - H) > 200$ м - через 300 м подвигания.

Критическая глубина $H_{кр}$ определяется по формуле:

$$H_{кр} = H + \varphi \cdot (P_{ab} - P_{Aa}), \quad (1.6)$$

где P_{ab} - значение P_a по номограмме в точке пересечения перпендикуляра, восстановленного из абсциссы со значением M_n для данного места обследования, с кривой;

φ - эмпирический коэффициент, определяемый по табл. 1.2.

Между обследованиями в полном объеме через каждые 10 м подвигания забоя в пунктах ведения локального прогноза проводят контрольные определения показателей изменения мощности пласта K_m и прочности пласта K_q по формулам

$$K_m = \frac{m_{cp} - m_k}{m_{cp}} \cdot 100\%; \quad (1.7)$$

$$K_q = \frac{q_{cp} - q_k}{q_{cp}} \cdot 100\%, \quad (1.8)$$

где m_{cp} , q_{cp} – соответственно значения средней мощности и приведенной прочности пласта при последнем обследовании в полном объеме;

m_k и q_k – соответственно значения мощности и приведенной прочности пласта при контрольных определениях.

При значениях $K_m \geq 15\%$ и $K_q \geq 15\%$ проводят внеочередное обследование в полном объеме.

Текущий прогноз выбросоопасности предназначен для установления опасных зон при проведении подготовительных выработок и ведении очистных работ.

Литература

3. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
4. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

Дегазация при проведении подготовительных выработок

Цель занятия: Изучения способов дегазация при проведении подготовительных выработок

Студенты должны знать: Способы и порядки дегазация при проведении подготовительных выработок

При проведении вертикальных выработок (стволов, шурфов, гезенков) дегазация осуществляется скважинами, пробуренными с поверхности или из камер (рис. 2.1). Скважины располагаются параллельно выработке на расстоянии $2,5 \div 3$ м от ее стенок.

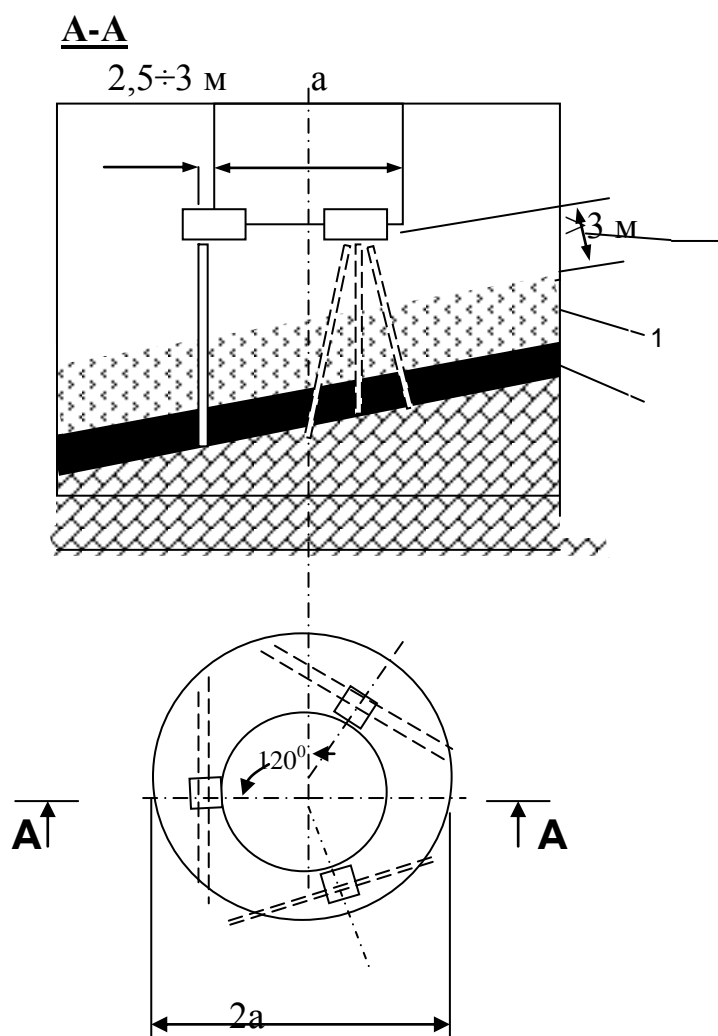


Рисунок 2.1 — Схема дегазации газоносного массива при проходке вертикальных выработок: 1- газосодержащая порода; 2- газоносный пласт.

Расстояние между забоями скважин 4-5м. Величина неснижаемого опережения скважинами забоя выработки должна быть не менее 10 м. Газоносный угольный пласт или слой газосодержащей породы перебурируется полностью.

При проведении квершлагов дегазация осуществляется скважинами, пробуренными из камер. Бурение скважин начинают до подхода забоя квершлага к угольному пласту или газосодержащему слою породы не ближе 5 м.

Направление бурения и количество скважин выбираются так, чтобы скважины пересекали газоносный слой или пласт по окружности, диаметр которой равен удвоенной ширине выработки.

При проведении полевых выработок вблизи метаноносных угольных пластов и пород скважины располагаются по схеме, приведенной на рис. 7.2 и 7.3. Бурение и оборудование скважин должно быть завершено до начала разгрузки сближенного пласта.

В тех случаях, когда не представляется возможности осуществить предварительную дегазацию угольного массива, во время проведения выработки производят бурение барьерных скважин (рис. 2.2).

Барьерные скважины, расположенные на расстоянии 300÷400 м от забоя выработки, могут быть отключены от дегазационной сети, если они не влияют на газообильность выработки.

Б-Б

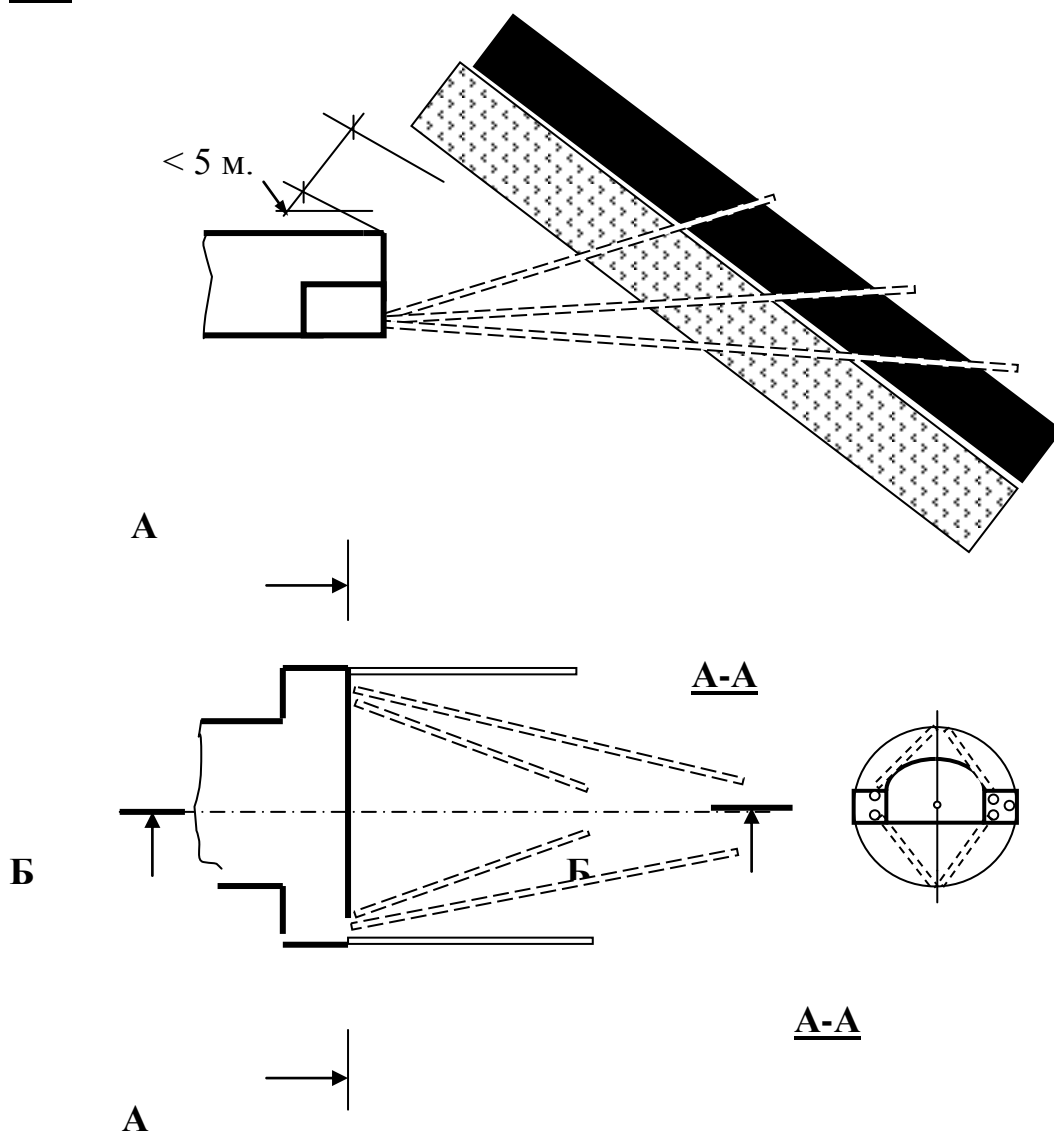


Рисунок 2.2—Схема бурения дегазационных скважин из квершлага

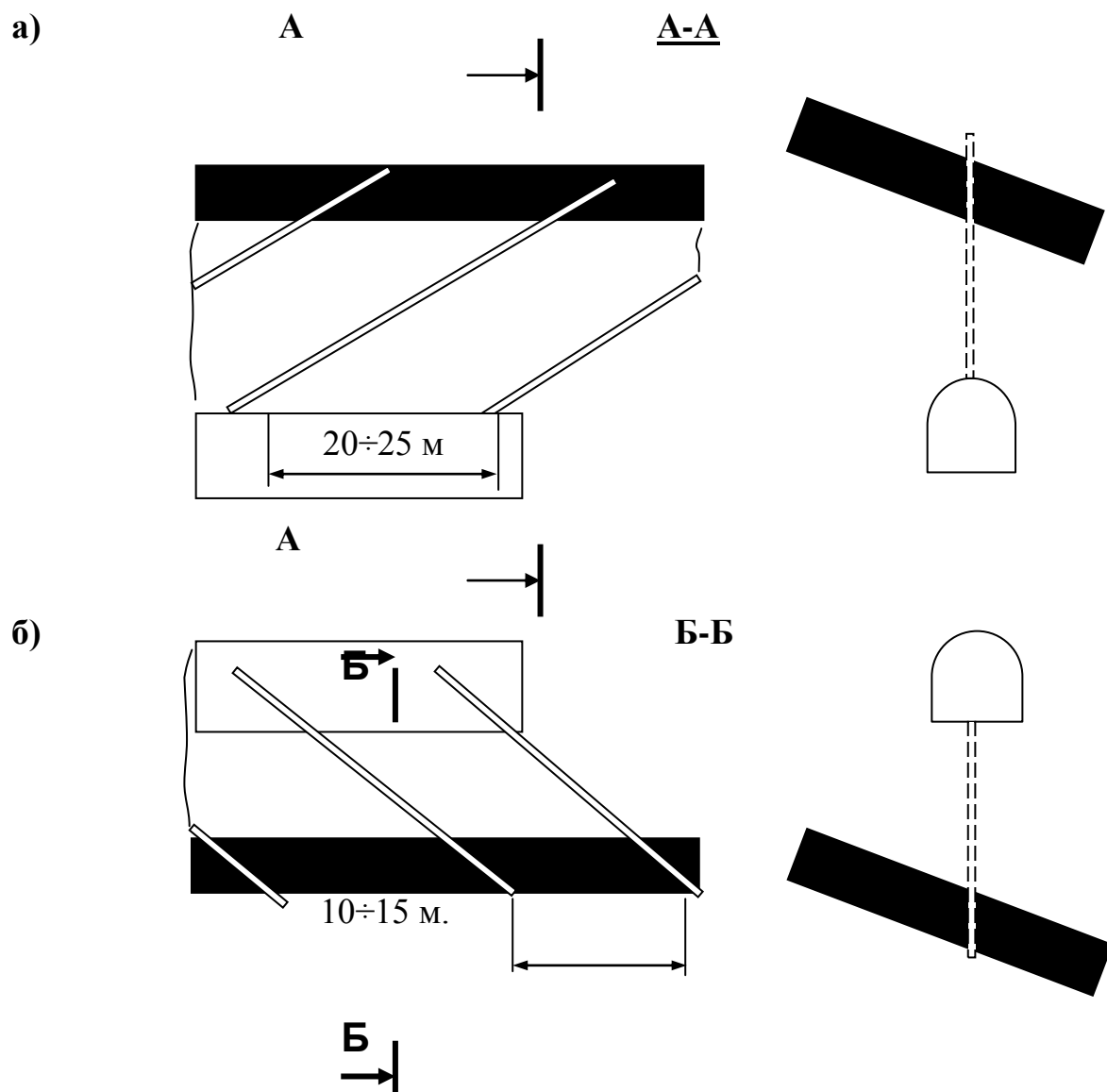


Рисунок 2.3—Схемы бурения дегазационных скважин из подготовительных выработок

- а) при проведении полевой выработки под пластом;
- б) при проведении полевой выработки над пластом.

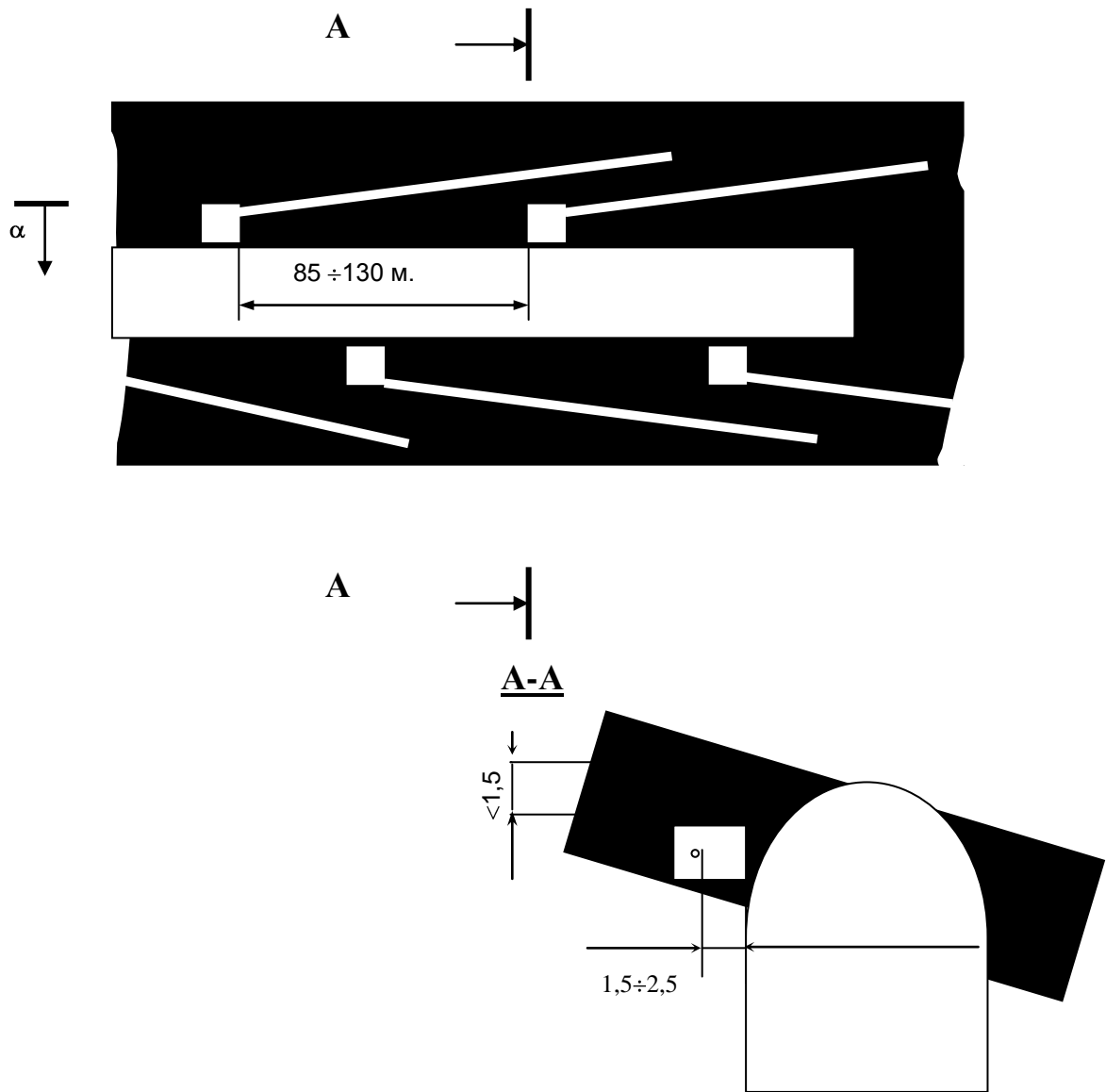


Рисунок 2.4—Схема дегазации барьерными скважинами при проведении подготовительных выработок по пологим пластам

Барьерные скважины бурятся из камер под углом к оси выработки. Длина скважин до 100÷150 м. Расстояние между камерами на 15÷20 м меньше длины скважин, устья скважин располагаются на расстоянии в 1,5÷2,5 м от стенки выработки.

Литература

1. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256 с.
2. Милетич А.Ф., Яровой И.М., Бойко В.А.Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1972.- 248 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 3

Отрицательное регулирование распределения воздуха

Цель занятия: Изучения сущности отрицательное регулирование аэродинамического сопротивления выработок с целью производить искусственного регулирование

Студенты должны знать: Отрицательный способ искусственного распределения воздуха в вентиляционных сетях.

Увеличение аэродинамического сопротивления выработок является одним из наиболее распространенных способов регулирования распределения воздуха в вентиляционных сетях. По своей сущности этот способ регулирования является отрицательным, так как увеличение аэродинамического сопротивления любой из ветвей сети, в конечном счете, требует затрат энергии воздушного потока на преодоление дополнительно введенного сопротивления.

Искусственное увеличение аэродинамического сопротивления ветвей достигается установкой в них регуляторов отрицательного типа – вентиляционных дверей и окон.

Вентиляционные окна (рис. 3.1) представляют собой отверстия в вентиляционных дверях или перемычках, пропускающие определенное количество воздуха. Целесообразно устраивать окна с изменяющейся площадью отверстия, что делает возможным производить регулирование более гибко.

С аэродинамической точки зрения вентиляционное окно представляет собой диафрагму, которая вызывает резкое сужение воздушного потока (рис. 3.2). Сужение это продолжается за пределами окна до сечения II – II, затем поток расширяется. Таким образом, вентиляционное окно является местным аэродинамическим сопротивлением выработки. Когда воздушный поток проходит окно, происходит сжатие и расширение струи с возникновением обратных токов и завихрений.

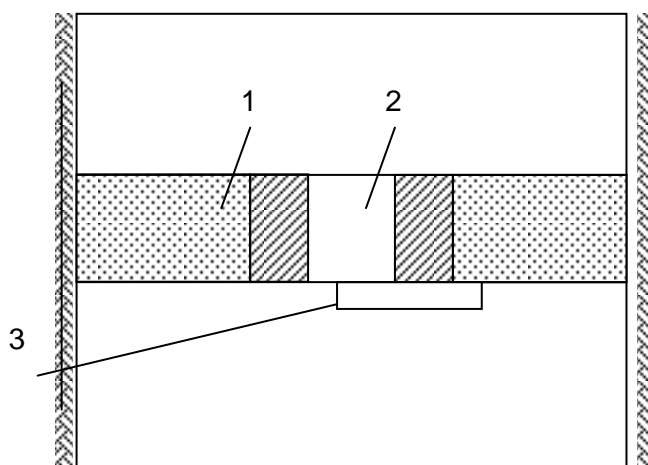


Рисунок 3.1–Схема устройства вентиляционного окна в выработке
1 – глухая перемычка; 2 – окно; 3 – шибер для регулирования.

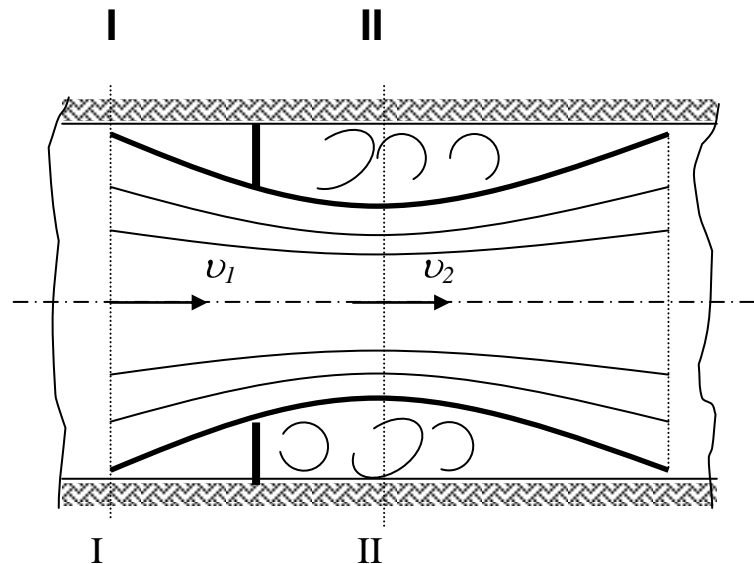


Рисунок 3.2 – Схема движения воздуха через вентиляционное окно

Потеря давления в потоке при прохождении окна, или депрессия окна, определяется из выражения

$$h_0 = \frac{\gamma}{2g} \cdot (v_2 - v_1)^2, \quad (3.1)$$

где γ – удельный вес воздуха;

g – ускорение свободного падения;

v_1 – средняя скорость движения воздуха в сечении I – I;

v_2 – средняя скорость движения воздуха в сечении II – II.

Выражая средние скорости через количество воздуха Q и сечение потока S , получим для сечения I – I

$$v_1 = \frac{Q}{S_1} \quad (3.2)$$

и для сечения II – II

$$v_2 = \frac{Q}{S_2}. \quad (3.3)$$

Сечение потока в месте максимального сужения II – II можно выразить через площадь сечения окна S_0 :

$$S_0 = k \cdot S \quad (3.4)$$

где k – коэффициент сужения потока (по экспериментальным данным $\varphi = 0,65$).

Подставив в выражение (3.1) значения γ , g , k и зависимости (3.2) – (3.4) и произведя некоторые преобразования, получим формулу для определения площади окна:

$$S_0 = \frac{Q \cdot S}{k \cdot \left(Q + S \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h_0}{\gamma}} \right)} = \frac{Q \cdot S}{0,65 \cdot Q + 2,63 \cdot S \cdot \sqrt{h_0}}, \quad (3.5)$$

где S – площадь поперечного сечения выработки в месте установки окна.

Учитывая, что $h_0 = R_0 \cdot Q^2$, получим расчетную формулу в другом виде:

$$S_0 = \frac{S}{0,65 + 2,63 \cdot S \cdot \sqrt{R_0}}, \quad (3.6)$$

где R_0 – аэродинамическое сопротивление окна.

Формулы для определения площади сечения окна (3.5) и (3.6) получены в предположении, что $k=0,65$. Коэффициент имеет это значение при условии $\frac{S_0}{S} \leq 0,5$.

При $\frac{S_0}{S} > 0,5$ значение k возрастает; тогда для расчёта площади сечения окна пользуются зависимостями:

$$S_0 = \frac{Q \cdot S}{1 + 2,38 \cdot S \cdot \sqrt{h_0}}; \quad (3.7)$$

$$S_0 = \frac{S}{1 + 1,38 \cdot S \cdot \sqrt{R_0}}. \quad (3.8)$$

Из формул (3.6) – (3.8) можно вывести зависимости для определения аэродинамического сопротивления окна.

При $\frac{S_0}{S} \leq 0,5$

$$R_0 = \frac{0,145}{S^2} \cdot \left(\frac{S}{S_0} - 0,65 \right)^2; \quad (3.9)$$

при $\frac{S_0}{S} > 0,5$

$$R_0 = \frac{0,177}{S^2} \cdot \left(\frac{S}{S_0} - 1 \right)^2. \quad (3.10)$$

Литература

5. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
6. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

Положительного регулирование распределения воздуха

Цель занятия: Изучения сущности положительного регулирование аэродинамического сопротивления выработок и искусственного регулирование

Студенты должны знать: положительный способ искусственного распределения воздуха в вентиляционных сетях.

В практике вентиляции наряду с отрицательными способами регулирования распределения воздуха в вентиляционных сетях широко используются методы положительного регулирования.

Одним из основных методов положительного регулирования распределения воздуха является уменьшение аэродинамического сопротивления отдельных ветвей и шахты в целом.

Из формулы депрессии для отдельной выработки $h = \alpha \cdot \frac{P \cdot L}{S^3} \cdot Q^2$ следует, что уменьшение аэродинамического сопротивления достигается либо снижением коэффициента аэродинамического сопротивления α , либо уменьшением длины выработки L , либо увеличением площади поперечного сечения выработки S .

Рассмотрим движение воздуха в параллельном соединении ветвей по схеме, представленной на рис. 4.1. Предположим, что по условиям производства требуется увеличить подачу воздуха в ветвь 1 и одновременно снизить подачу в ветвь 2.

Распределение воздуха в соединении до проведения регулирования определяется соотношением

$$R_1 \cdot Q_1^2 = R_2 \cdot Q_2^2, \quad (4.1)$$

где R_1, R_2 – аэродинамическое сопротивление ветвей 1 и 2 до регулирования;
 Q_1, Q_2 – количество воздуха в ветвях 1 и 2 до регулирования.

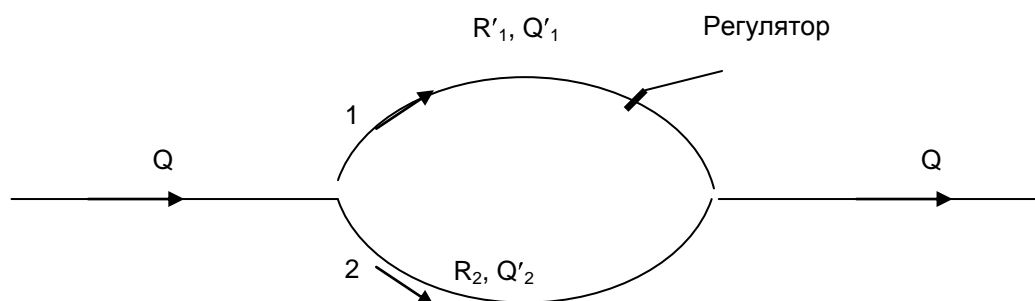


Рисунок 4.1 – Схема к регулированию распределения воздуха в параллельном соединении.

Увеличению количества воздуха в ветви 1 должно соответствовать такое уменьшение аэродинамического сопротивления, при котором выдерживается соотношение: $R'_1 \cdot Q'^2_1 = R_2 \cdot Q'^2_2$ (4.2)

где R'_1 , Q'_1 – соответственно аэродинамическое сопротивление и количество воздуха в ветви 1 после регулирования;

Q'_2 – количество воздуха в ветви 2 после регулирования.

Требуемое значение аэродинамического сопротивления ветви 1 для заданного распределения расходов воздуха:

$$R'_1 = R_2 \cdot \frac{Q_2^2}{Q_1'^2}. \quad (4.3)$$

С учетом выражения 3.11 можно получить зависимость для определения необходимой величины уменьшения аэродинамического сопротивления ветви 1:

$$\Delta R_1 = R_1 - R'_1 = R_2 \cdot \left(\frac{Q_2^2}{Q_1^2} - \frac{Q_2'^2}{Q_1'^2} \right). \quad (4.4)$$

Если уменьшить аэродинамическое сопротивление удобно снижением коэффициента α (например, изменением типа крепи в выработке или обшивкой её стенок), то необходимую величину изменения α можно определить из выражения:

$$\Delta \alpha = \frac{R_2 \cdot S^3 \cdot \left(\frac{Q_2^2}{Q_1^2} - \frac{Q_2'^2}{Q_1'^2} \right)}{P \cdot L}, \quad (4.5)$$

где S , P и L – площадь поперечного сечения, его периметр и длина выработки.

Аналогичным образом определяется увеличение площади поперечного сечения выработки для уменьшения её сопротивления рассматриваемым способом.

Необходимое значение площади поперечного сечения:

$$S'_1 = S_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{R_1}{R_1'}} = S_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_2^2 \cdot Q_1'^2}{Q_1^2 \cdot Q_2'^2}}, \quad (4.6)$$

а необходимое приращение сечения:

$$\Delta S = S'_1 - S_1 = S_1 \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{Q_2^2 \cdot Q_1'^2}{Q_1^2 \cdot Q_2'^2}} - 1 \right), \quad (4.7)$$

где S_1 и S'_1 – площадь поперечного сечения выработки 1 соответственно до и после регулирования.

Литература

7. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
8. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 5
Расчет естественной вентиляции

Цель занятия: Изучения сущности естественной вентиляции шахт.
Студенты должны знать: Сущность естественной вентиляции шахт.

Естественная вентиляция производственных помещений происходит за счёт гравитационных сил атмосферы, без применения механического побуждения. Вследствие действия ветра и теплового напора через щели, поры и неплотности, в помещения всегда поступает воздух. Этот процесс является неуправляемым и называется инфильтрацией. Регулируемое проветривание помещений через вентиляционные проёмы (двери, окна, форточки, фонари и др.) называется аэрацией.

Разность давлений столбов наружного и внутреннего воздуха возникает вследствие температуры внутри и снаружи помещения. Обычно вследствие выделения тепла оборудованием, нагретым металлом, отоплением, работающими людьми температура в помещении выше, чем снаружи.

Удельный вес воздуха можно определить по следующим формулам:

$$\rho = \frac{0,465 \cdot P}{273 + t} \quad \text{или} \quad \rho = \frac{R \cdot T_0}{273 + t}, \quad \text{кг/м}^3, \quad (5.1)$$

где P – атмосферное давление, мм рт. ст.;
 $T_0 = 273$ – абсолютная температура, $^{\circ}\text{C}$;
 t – температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$;
 R – газовая постоянная, $R = 1,293$.

Вес столба воздуха высотой H м, считая от центра открытых нижних проёмов до центра верхних открытых вентиляционных проёмов, внутри помещения составит $P_1 = H \cdot \gamma_v$, кг/м^2 , в окружающей атмосфере $P_2 = H \cdot \gamma_n$, кг/м^2 .

Величина теплового напора, под влиянием которого происходит обмен воздуха в помещении, равна

$$h_T = H \cdot (\gamma_v - \gamma_n), \quad \text{кг/м}^2. \quad (5.2)$$

Таким образом, величина теплового напора зависит от расстояния между вентиляционными проемами и температуры воздуха внутри помещения и наружного воздуха.

На обмен воздуха в помещении существенное влияние оказывает действие ветра. При обдувании здания ветром с наветренной стороны создается повышенное давление, а на подветренной – разрежение (рис 5.1). Величина скоростного напора, создаваемого ветром,

$$h_v = K \cdot \frac{w^2 \cdot \gamma}{2g}, \quad \text{кг/м}^2, \quad (5.3)$$

где w – средняя величина господствующего ветра, м/сек;

K – коэффициент аэрации, определяется опытным путем и зависит от положения здания к направлению господствующего ветра.

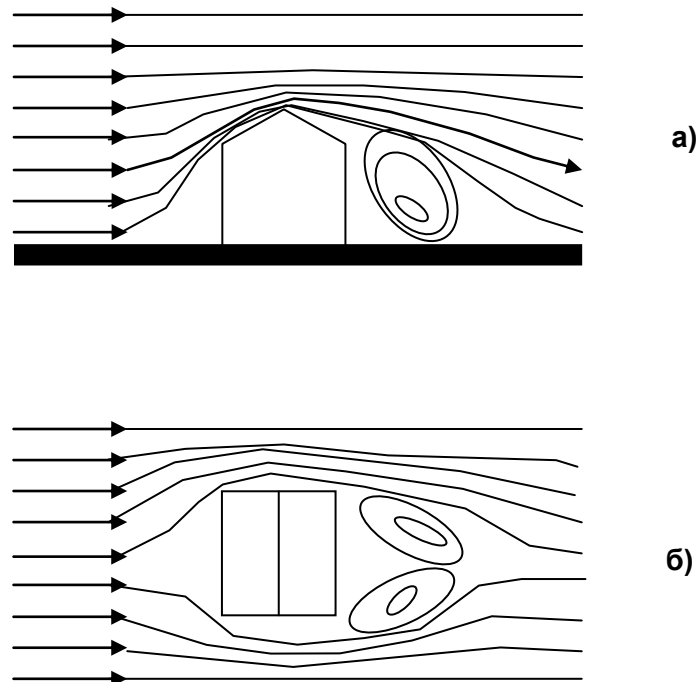


Рисунок 5.1 – Действие ветра на здание

При расположении здания под прямым углом коэффициент аэрации с наветренной стороны $K = 0,8 \div 0,85$, с подветренной стороны – $K_1 = -0,45$, при расположении здания под углом 60° , соответственно, $K = 0,7$ и $K_1 = -0,35$, под углом 45° $K = 0,55$ и $K_1 = -0,3$.

Общий перепад давления, создаваемый ветром, будет равен сумме давлений

$$h_v = h_n - (-h_n) = h_n + h_n, \text{ кГ/м}^2 \quad (5.4)$$

При одновременном и совместном действии теплового и ветрового напора общая величина естественной тяги

$$h_e = h_r + h_v. \quad (5.5)$$

Скорость движения воздуха в вентиляционном проёме определяется по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot h_e}{\gamma}}, \quad (5.6)$$

где g – ускорение земного притяжения, равное $9,81 \text{ м/сек}^2$;
 γ – удельный вес воздуха, кг/м^3 .

Площадь проема, через который должен пройти необходимый объем воздуха, определяется по формуле:

$$F = \frac{Q}{\mu \cdot v} = \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot h_e}{\gamma}}} \quad (5.7)$$

где Q – объём воздуха, проходящего через проём, $\text{м}^3/\text{сек}$;
 μ – коэффициент расхода; при открытых на 90° створках $\mu = 0,65$,
на 30° – $\mu = 0,32$.

Если величина вентиляционных проемов получается большой и конструктивно осуществить такую площадь невозможно, тогда применяется естественная и искусственная вентиляция.

Недостатком естественной тяги является то, что подаваемый наружный

воздух предварительно не обрабатывается, т.е. подается без подогрева и очистки, удаляемый из помещения отработанный воздух также не подвергается очистке.

Дефлекторы. С целью увеличения теплового напора в ряде случаев на зданиях устанавливают дефлекторы. Широкое распространение получил дефлектор ЦАГИ (рис. 5.2).

При выборе дефлектора руководствуются формулой:

$$v_d = 0,4 \cdot v_b, \text{ м/сек,} \quad (5.8)$$

где v_d – скорость движения воздуха в трубе, создаваемая ветром, обдувающим дефлектор со скоростью v_b , м/сек.

Диаметр трубы D определяется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{Q}{v_d}}, \quad (5.9)$$

где Q – количество воздуха, удаляемого через трубу (производительность дефлектора).

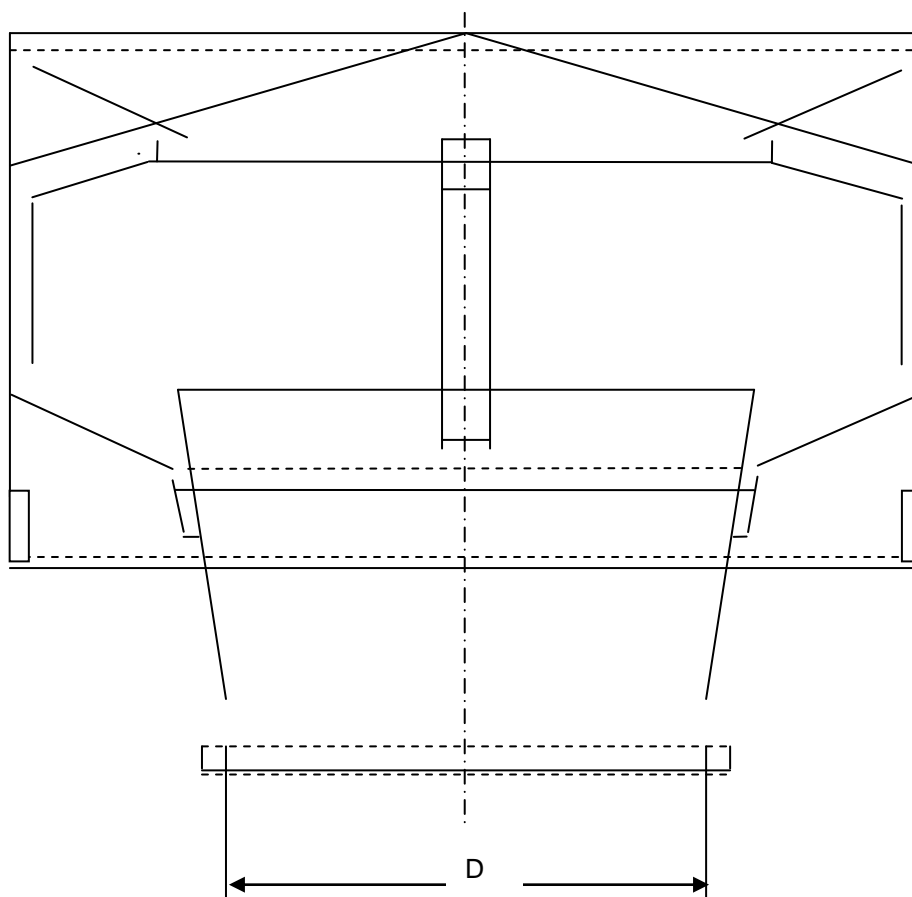


Рисунок 5.2 – Дефлектор ЦАГИ

**Расчет простых последовательных и параллельных
вентиляционных соединений**

Цель изучения темы: Изучение элементарных видов вентиляционных соединений и методов их расчета.

Студенты должны знать: Методику расчета простейших вентиляционных соединений.

Последовательное соединение выработок. Общее сопротивление $R_{\text{общ}}$, депрессия $H_{\text{общ}}$ и эквивалентное отверстие $A_{\text{общ}}$ соединённых последовательно n выработок:

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n; \quad (6.1)$$

$$H_{\text{общ}} = h_1 + h_2 + \dots + h_n; \quad (6.2)$$

учитывая, что $A = \frac{0,38}{\sqrt{R}}$, из уравнения 13.1 следует равенство:

$$\frac{1}{A_{\text{общ}}^2} = \frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_2^2} + \dots + \frac{1}{A_n^2} \quad (6.3)$$

где R_i , h_i , A_i – соответственно сопротивления, депрессии, и эквивалентные отверстия выработок, входящих в данное соединение.

Для последовательного соединения из n одинаковых выработок:

$$R_{\text{общ}} = n \cdot R; \quad H_{\text{общ}} = n \cdot h; \quad A_{\text{общ}} = \frac{A}{\sqrt{n}}, \quad (6.4)$$

где R , h , A – соответствующие параметры одной ветви.

Параллельное соединение выработок. При параллельном соединении n выработок (рис.6.1):

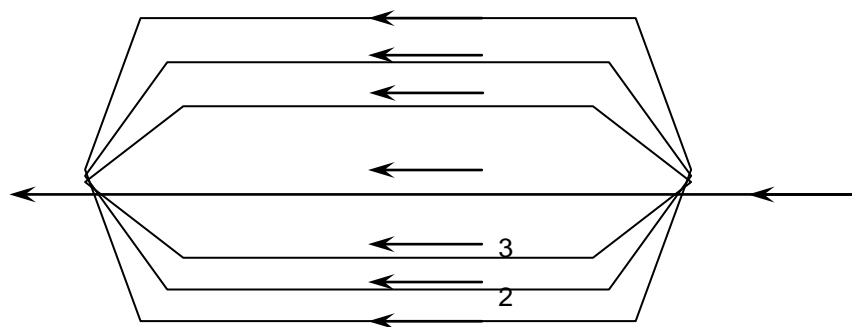


Рисунок 6.1 – Схема параллельного соединения

$$H_{\text{общ}} = h_1 = h_2 = \dots = h_n; \quad (6.5)$$

$$\frac{1}{\sqrt{R_{\text{общ}}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_n}}; \quad (6.6)$$

$$A_{\text{общ}} = A_1 + A_2 + \dots + A_n. \quad (6.7)$$

Распределение воздуха в параллельном соединении из двух ветвей определяется по формулам:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}; Q_1 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}}; Q_2 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_2}{R_1}}} \quad (6.8)$$

Расход воздуха в некоторой ветви (обозначаемой как 1-я) параллельного соединения из n ветвей:

$$Q_1 = \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_1}{R_3}} + \dots + \sqrt{\frac{R_1}{R_n}}} \quad (6.9)$$

Для параллельного соединения из n одинаковых струй (с равными сопротивлениями):

$$R_{\text{общ}} = \frac{R}{n^2}; H_{\text{общ}} = h; A_{\text{общ}} = nA, \quad (6.10)$$

где R, h, A – соответствующие параметры одной ветви.

Литература

9. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
10. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

**Расчет простых диагональных и параллельно-последовательных
вентиляционных соединений**

Цель изучения темы

Изучение элементарных видов вентиляционных соединений и методов их расчета.

Студенты должны знать:

Методику расчета простейших диагональных и параллельно-последовательных вентиляционных соединений.

Простое диагональное соединение выработок. Общая депрессия диагонального соединения (между точками А и D , рис. 7.1) определяется по формулам:

$$h_{AD} = h_{AB} + h_{BD} = R_1 Q_1^2 + R_4 Q_4^2 = R_1 Q_1^2 + R_4 (Q_1 - Q_3)^2; \quad (7.1)$$

$$h_{AD} = h_{AC} + h_{CD} = R_2 Q_2^2 + R_5 Q_5^2 = R_2 Q_2^2 + R_5 (Q_2 + Q_3)^2. \quad (7.2)$$

Общее аэродинамическое сопротивление (между точками А и D):

$$R_{AD} = \frac{R_2 x^2 + R_5 (1+x)^2}{(x+y+1)^2}, \quad (7.3)$$

$$\text{где } x = \frac{Q_2}{Q_3}; \quad y = \frac{Q_4}{Q_3}.$$

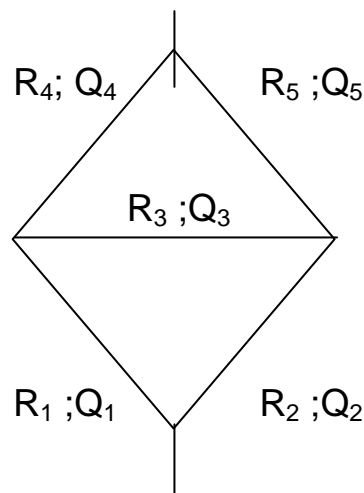


Рисунок 7.1– Схема простого диагонального соединения

При известном R_{AD} общая депрессия диагонального соединения:

$$h_{AD} = R_{AD} \cdot Q^2. \quad (7.4)$$

Направление движения воздуха в диагонали BC происходит от В к С при $R_2/R_1 > R_5/R_4$ и от С к В при $R_2/R_1 < R_5/R_4$. При $R_2/R_1 = R_5/R_4$ движение отсутствует.

В первых двух случаях распределение воздуха по ветвям простого диагонального соединения определяется графоаналитически, способом последовательных приближений или с помощью какого-либо вычислительного устройства; в третьем случае – по формулам параллельного соединения, получающегося при изъятии диагонали ВС.

Параллельно-последовательное соединение выработок. Распределение воздуха в соединении из четырёх ветвей (0, 1, 2, 3, рис. 7.2.):

$$\left. \begin{aligned} Q_0 &= Q_{\text{общ}} \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}} \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}}}; & Q_1 &= Q_0 \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}; \\ Q_2 &= \frac{Q_{\text{общ}}}{1 + \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}}}; & Q_3 &= Q_2 \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}} \end{aligned} \right\} (7.5)$$

где R_0, R_1, R_2, R_3 – сопротивления соответствующих ветвей;
 R_{012} – общее сопротивление соединения, состоящего из ветвей 0, 1, 2.

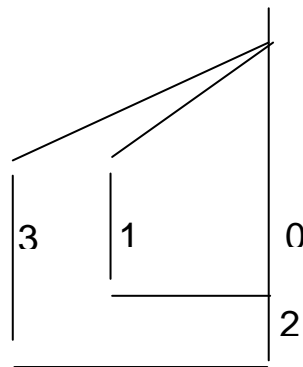


Рисунок 7.2 – Схема параллельно-последовательного соединения

Депрессия соединения:

$$H = Q_0^2 \cdot \left[R_0 + R_2 \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{R_0}{R_1}} \right)^2 \right]. \quad (7.6)$$

Литература

11. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
12. Бурчаков А.С., Мустьель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 8

Виды сложных вентиляционных соединений и методы расчета(2 часа)

Цель изучения темы: Изучение сложных видов вентиляционных соединений и методов их расчета.

Студенты должны знать: Методику расчета сложных вентиляционных соединений.

Сложные соединения. Сложными называются такие диагональные соединения, диагонали которых аэродинамически связаны между собой. Диагоналями будем называть внутренние ветви, связывающие между собой внешние (окирчивающие) ветви соединения. Так, на рис. 8.1. внешними являются ветви 1 – 2 – 3 – 4 и 1 – 5 – 6 – 4, а диагоналями – 2 – 7 – 8 – 6, 2 – 7 – 5, 5 – 7 – 8 – 3, 3 – 8 – 6.

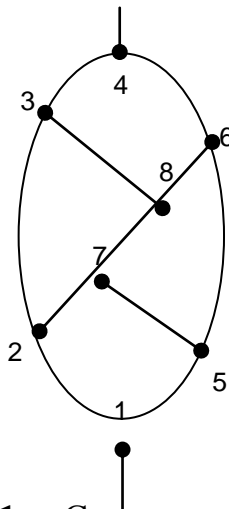


Рисунок 8.1. – Схема сложного соединения

Движение воздуха в сложных соединениях подчиняется тем же основным законам, что и в простых соединениях. Однако, точный аналитический расчёт сложных соединений невозможен. Для их расчёта применяют различные приближенные методы, из которых наиболее распространёнными являются метод последовательных приближений (итерации) и метод линеаризации.

Метод последовательных приближений (итераций). Может применяться для расчёта вентиляционных сетей с числом ветвей до 1000.

При методе итераций задаются общий расход в соединении Q_0 и сопротивления ветвей R_i ; требуется определить расходы в ветвях Q_i .

Сущность метода состоит в следующем. Первоначально произвольно принимают распределение воздуха в сети по величине и направлению. Затем для каждого независимого контура определяют сумму депрессий его ветвей (см. лекцию уравнения 12.5 или 12.6). Ввиду произвольности принятого распределения воздуха, эти суммы в общем случае будут отличны от нуля на величину Δh . Невязка Δh будет тем больше, чем больше отличается принятое

распределение расходов от истинного. Поэтому по величине Δh можно определить невязку расходов ΔQ для каждого контура.

Суммируя первоначально принятые расходы в ветвях с полученной невязкой ΔQ , определяют первое приближение для расходов. Затем снова определяют Δh и ΔQ и аналогично определяют второе приближение для Q_i , и так далее до тех пор, пока отличие между n -м и $(n+1)$ -м приближением для Q_i не будет достаточно малым.

Очевидно, невязка депрессии в контуре будет:

$$\Delta h = \sum_{i=1}^l R_i \cdot Q_i^2, \quad (8.1)$$

где l - число ветвей в контуре;

i - номер ветви.

Чтобы определить невязку расхода ΔQ по невязке депрессии Δh , надо знать величину невязки депрессии, соответствующую изменению расхода на единицу,

т.е. производную $h' = \frac{d(\Delta h)}{dQ}$. Из уравнения (8.2):

$$h' = \frac{d(\Delta h)}{dQ} = 2 \cdot \sum_{i=1}^l R_i Q_i. \quad (8.3)$$

Очевидно, что общее изменение расхода ΔQ , соответствующее полной невязке депрессии Δh , будет $\Delta Q = \frac{\Delta h}{|h'|}$ или, с учетом уравнений (1.17) и (1.18):

$$\Delta Q = \frac{\Delta h}{2 \cdot \sum_{i=1}^l |R_i Q_i|} = \frac{\sum_{i=1}^l R_i Q_i^2}{2 \cdot \sum_{i=1}^l |R_i Q_i|}. \quad (8.5)$$

Выражение (13.19) справедливо для контура без источников энергии. Если в контуре имеются источники энергии (например, вентиляторы) с характеристиками $h_{и} = \varphi(Q)$, то выражение (1.19) обобщается:

$$\Delta Q = \frac{\Delta h}{\left| \frac{d(\Delta h)}{dQ} \right|} = \frac{\sum_{i=1}^l [R_i Q_i^2 - \text{sign}(\varphi_i) \varphi_i(Q)]}{\frac{d}{dQ} \cdot \sum_{i=1}^l [2|R_i Q_i| + |\varphi_i(Q)|]} = \frac{\sum_{i=1}^l [R_i Q_i^2 - \text{sign}(\varphi_i) \varphi_i(Q)]}{\sum_{i=1}^l \left[2|R_i Q_i| + \left| \frac{d\varphi_i(Q)}{dQ} \right| \right]}. \quad (8.6)$$

В уравнении (8.6) $\text{sign}(\varphi_i) = +1$, если направление действия источника тяги совпадает с направлением движения воздуха в ветви; $\text{sign}(\varphi_i) = -1$, если их направления противоположны.

Для ускорения сходимости итераций распределение воздуха в сети следует задавать так, чтобы оно было возможно ближе к истинному распределению.

Новый расход воздуха в ветвях контура определяется суммированием ранее вычисленного (или заданного) расхода $Q_{i(n)}$ с невязкой $\Delta Q_{(n+1)}$, принимаемой одинаковой для всех ветвей контура (n- порядок приближения):

$$Q_{i(n+1)} = Q_{i(n)} \pm \Delta Q_{(n+1)}. \quad (8.7)$$

Если $\Delta h < 0$, это означает, что сумма отрицательных депрессий в контуре больше, чем положительных. Для их уравнивания надо уменьшить на ΔQ расходы в ветвях с отрицательной депрессией и увеличить на ΔQ расходы в ветвях с положительной депрессией. При $\Delta h > 0$ поступают наоборот. Если данная ветвь входит в два контура, то ее результирующая невязка по расходу равна алгебраической сумме невязок расходов первого и второго контуров.

Метод линеаризации заключается в приближенной замене квадратных уравнений линейными.

Сущность метода состоит в том, что система линейных и нелинейных уравнений, определяющая воздухораспределение в сети и записанная для всех ее узлов и контуров:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n Q_i &= 0; \\ \sum_{i=1}^n R_i \cdot Q_i^2 - \sum_{j=1}^m h_{uj} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (8.8)$$

где n, m- соответственно число ветвей и источников тяги в контуре;

i- номер ветви;

j - номер источника тяги, заменяется системой линейных уравнений.

Замена производится обычно по методу Ньютона, согласно которому система, эквивалентная (8.8) имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \Delta Q_i &= 0; \\ \sum_{i=1}^n 2 \cdot R_i \cdot Q_{i(0)} \cdot \Delta Q_i - \sum_{j=1}^m \frac{d h_{uj}(Q_{i(0)})}{dQ} \Delta Q_i &= \Delta h_{(0)} \end{aligned} \right\} \quad (8.9)$$

где ΔQ_i – искомое приращение для определения точного значения расхода;

$Q_{i(0)}$ – начальное приближенное значение расхода воздуха *i*-й ветви;

$\frac{d h_{uj}(Q_{i(0)})}{dQ}$ – производная по Q от функции $h_u(Q)$, вычисленная

для $Q = Q_{i(0)}$;

$\Delta h_{(0)}$ – невязка депрессии в контуре при $Q = Q_{i(0)}$.

Система (8.9) получается, если исходную систему (8.8) записать вначале для $Q_i=Q_{i(0)}$, затем для Q_i , после чего из уравнений для Q_i вычесть соответствующие уравнения для $Q_{i(0)}$, отбросив при этом члены второго порядка малости, содержащие $\Delta Q_i^2=(Q_i-Q_{i(0)})^2$.

Недостатком метода линеаризации является невозможность использования его при ручном счете для сетей со значительным числом ячеек ввиду трудности решения системы многих уравнений.

Квадратные уравнения контуров $h=R \cdot Q^2$ можно линеаризовать уравнениями $h=a \cdot Q+b$. Ошибка аппроксимации f связана с возможными пределами изменения депрессии ветви ($h_1 \leq h \leq h_2$) соотношением:

$$h_1 = \left(\frac{1 - \sqrt{f}}{1 + \sqrt{f}} \right)^4 h_2.$$

Литература

13. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
14. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 9

Преобразование треугольника в звезду при сложных вентиляционных соединениях

Цель изучения темы: Изучение графо-аналитических методов расчета сложных вентиляционных соединений.

Студенты должны знать: Методику преобразования треугольника в звезду.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Преобразование треугольника в звезду основано на эквивалентной замене треугольника ABC (рис. 9.1) звездой АОВС, при которой режим проветривания остальной части схемы не нарушается. Этот метод позволяет преобразовывать некоторые виды сложных соединений в простые.

Если, преобразуя треугольник в звезду, предположить, что воздух движется от А к В двумя параллельными путями: АВ и АСВ, то общее сопротивление треугольника в этом случае будет равно общему сопротивлению параллельных ветвей АВ и АСВ. Для звезды общее сопротивление при движении воздуха по пути АОВ будет равно сумме сопротивлений ветвей АО и ОВ. Чтобы замена треугольника на звезду не вызывала изменения режима вентиляции во внешней, по отношению к треугольнику, сети, надо, чтобы эти сопротивления были равны, т.е.

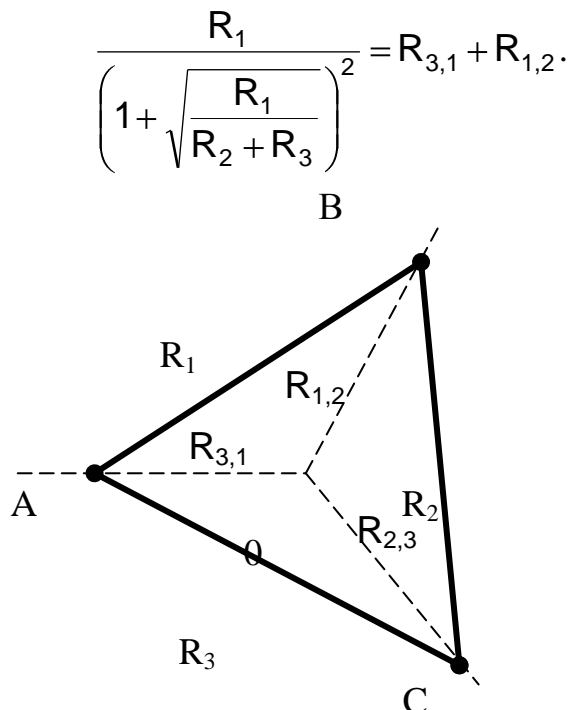


Рисунок 9.1 – Преобразование треугольника в звезду

Аналогичные соотношения получим для движения воздуха от А к С и от С к В. Из этих трех соотношений определяются три неизвестных сопротивления звезды $R_{1,2}$, $R_{2,3}$, $R_{3,1}$.

На рис. 9.2 изображена последовательность расчета по рассматриваемому методу. **а**

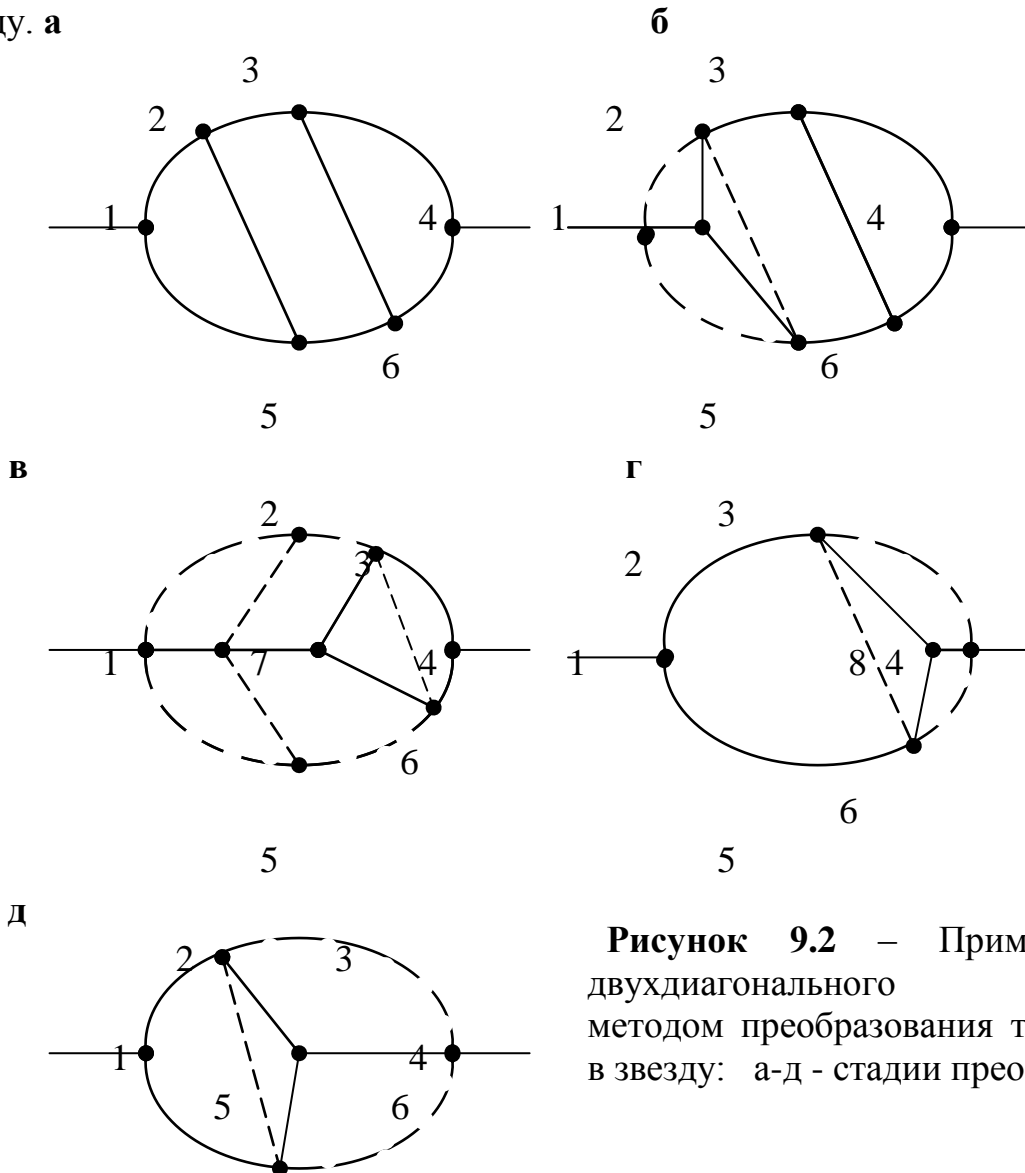


Рисунок 9.2 – Пример расчета двухдиагонального соединения методом преобразования треугольника в звезду: а-д - стадии преобразования.

После сведения исходной схемы (рис. 9.2, а) вначале к виду, изображенному на рис. 9.2, б, а затем к схеме (рис. 9.2, в), обычным способом определяют расходы в параллельных ветвях 7-3-4 и 7-6-4.

Расход в диагонали 3-6 определяется как разность расходов в ветвях 8-3-1 (см. рис. 9.2,г) и 7-3-4 (см. рис. 9.2, в), а в диагонали 2-5 – как разность расходов в ветвях 8-3-1 (см. рис. 9.2, г) и 1-2 (см. рис.9.2, д).

В некоторых случаях для упрощения сетей бывает полезно произвести обратное преобразование - звезды и треугольник.

Общая депрессия сложного соединения определяется как алгебраическая сумма депрессий выработок, соединяющих точки начала и конца соединения.

Общее сопротивление сложного соединения при известной его депрессии h и общем расходе воздуха в соединении Q_0 :

$$R = \frac{h}{Q_0^n};$$

для квадратичного закона сопротивления в соединении ($n=2$):

$$R = \frac{h}{Q_0^2}.$$

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 10

Расчет вентиляционных сетей графическими методами

Цель изучения темы: Изучение графических методов расчета сложных вентиляционных соединений.

Студенты должны знать: Принципы графического расчета вентиляционных сетей.

Графические методы имеют подчиненное значение в теории естественного воздухораспределения в сетях. Они, однако, находят широкое применение при решении задач, связанных с работой вентиляторов на сеть, что объясняется отсутствием точных аналитических описаний характеристик современных вентиляторов.

Иногда графический метод используется совместно с аналитическим. В этом случае его еще называют графо – аналитическим.

Расчет воздухораспределения в простом параллельном соединении. Метод предложен П.И. Мустелем и основан на равенстве депрессий всех параллельных ветвей.

Для решения необходимо знать сопротивление ветвей R_0 и общее количество воздуха Q_0 . Определяется общее сопротивление соединения и его депрессия $h_{\text{пар}} = R_{\text{пар}} Q_0^2$. Затем в координатах Q, h строят характеристики всех ветвей соединения и проводят прямую, параллельную оси OQ и пересекающую ось Oh в точке $h = h_{\text{пар}}$ (рис.10.1). Точки пересечения характеристик параллельных ветвей с этой прямой определяют расходы воздуха в ветвях Q_i :

$$R_{\text{пар}} = \frac{R_m}{\left[\sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{R_m}{R_i}} \right]^2}, \quad (10.1)$$

где n – количество ветвей в соединении;

m – соответствует номеру ветви, для которой производятся расчеты.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 11

Расчет величины депрессии естественной тяги (2 часа)

Цель изучения темы: Изучение естественной тяги как одного из факторов, влияющих на состояние проветривания шахт.

Студенты должны знать: метод расчета и способы измерения величины депрессии естественной тяги.

Для расчета депрессии естественной тяги могут применяться гидростатические или термодинамические методы. В первом случае определяется разность аэростатических давлений воздуха h_e , кгс/м² в двух стволах (выработках). Согласно формуле М.М. Протодьяконова,

$$h_e = H \cdot (\gamma_i - \gamma_j), \quad (11.1)$$

где H – вертикальная глубина шахты, м;

γ_i и γ_j – средний удельный вес воздуха соответственно в поступающей и исходящей струе, кгс/м³.

Среднее значение γ , кгс/м³ определяется из выражения

$$\gamma = 0,0171 \cdot \left(\frac{p_1}{273 + t_1} + \frac{p_2}{273 + t_2} \right), \quad (11.2)$$

где p_1 и p_2 – давление в начале и в конце выработки, кгс/м²;
 t_1 и t_2 – температура воздуха в начале и в конце выработки, °С.

Величину t_1 следует определять в стволе на глубине 20÷30 м.

По формуле В.Б. Комарова h_e равно:

$$h_e = \frac{p_0 \cdot H}{100} \cdot \left[\frac{100}{R \cdot (273 + t_3)} - \frac{100}{R \cdot (273 + t_4)} \right] = \frac{p_0 \cdot H}{100} \cdot (a_1 - a_2), \quad (11.3)$$

где p_0 – барометрическое давление на уровне нулевой площадки, кгс/м²;

H – глубина шахты, м;

R – газовая постоянная;

t_3 и t_4 – средняя температура воздуха соответственно в воздухоподающем и воздуховыдающем стволах, °С;

a_1 , a_2 – коэффициенты, значение которых для различных средних значений температуры определяется по графику (рис.10.1).

При глубине стволов более 100 м значение h_e , полученное по формуле (11.3), следует умножать на коэффициент:

$$k = 1 + \frac{H}{10000}.$$

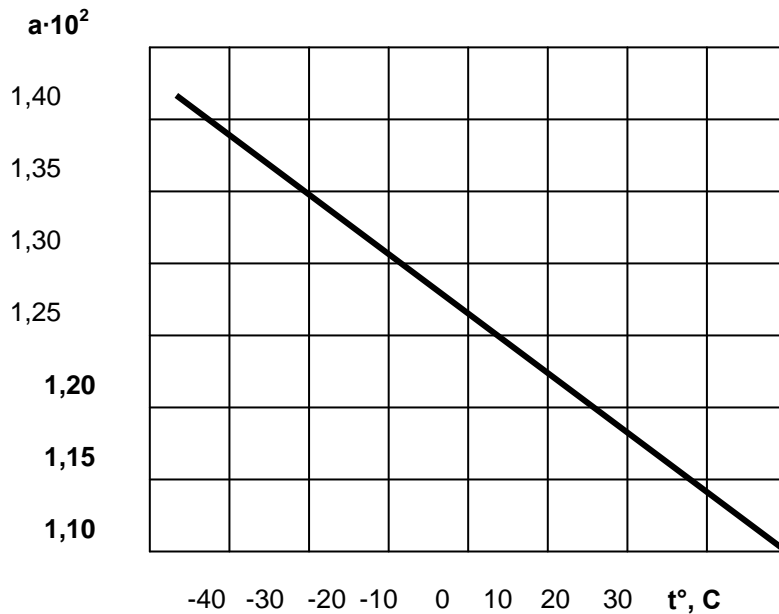


Рисунок 11.1 – Зависимость коэффициентов a_1 и a_2 от температуры

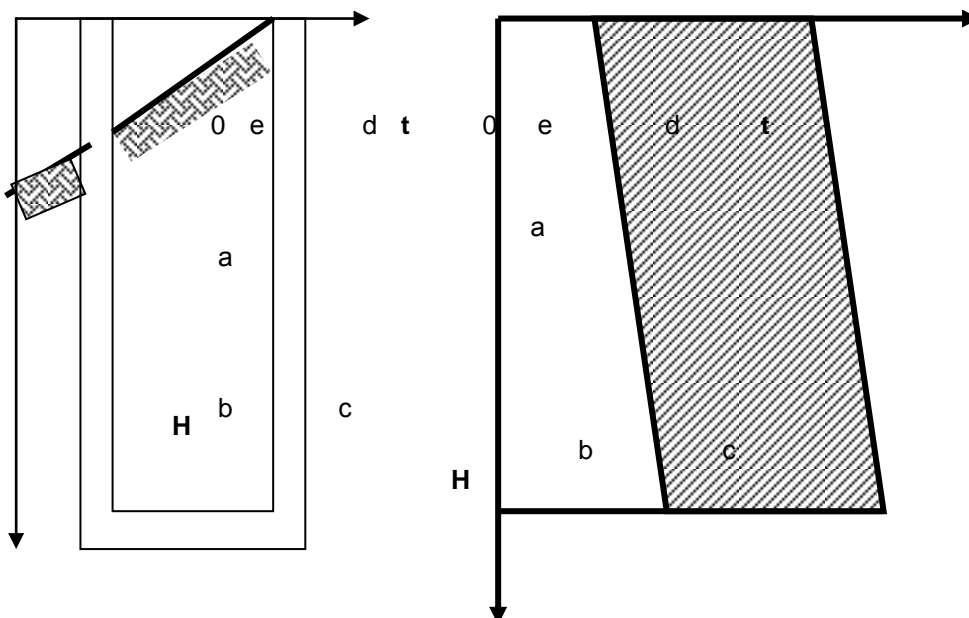


Рисунок 11.2 – Определение естественной тяги термодинамическим способом

Формулы (11.1) и (11.3) дают близкие значения h_e , однако, при расчете по первой из них требуется больше замеров p и t для определения удельного веса воздуха.

Термодинамические методы основаны на представлении депрессии естественной тяги как работы единицы объема воздуха, совершаемой при движении его от входа в шахту до выхода из нее. Согласно формуле А.Ф. Воропаева,

$$h_e = \frac{\gamma_{\text{ср}} \cdot S_{\text{к}}}{T}, \quad (11.4)$$

где $\gamma_{\text{ср}}$ – средний удельный вес воздуха в шахте, принимаемый равным $1,2 \text{ кгс/м}^3$;

$S_{\text{к}}$ – площадь многоугольника abcde в координатах $H - T$ (рис. 11.2);

$$T = 273 + t_{\text{ц}};$$

$t_{\text{ц}}$ – температура центра тяжести площади $S_{\text{к}}$, $^{\circ}\text{C}$;

$$t_{ц} = \frac{t_1 + t_2}{2};$$

t_1 и t_2 – минимальная и максимальная температура на контуре многоугольника, $^{\circ}\text{C}$.

Диаграмму изменения состояния воздуха в шахте можно построить также в координатах: давление – абсолютная температура, абсолютная температура – энтропия, давление – плотность воздуха. В последнем случае

$$h_e = \gamma_{cp} \cdot S_1, \quad (11.5)$$

где S_1 – площадь многоугольника в координатах p – V (V – удельный объем).

Для нагорных рудников хорошие результаты дает формула:

$$h_e = \gamma_{cp} \cdot H \cdot \frac{t_n - t_{cp}}{273 + t_{cp}}, \quad (11.6)$$

где γ_{cp} – среднеконтурный удельный вес воздуха, $\text{кгс}/\text{м}^3$;

H – разность отметок воздухоподающей и воздухоотводящей выработок, м ;

t_n – температура наружного воздуха на отметке устья воздухоподающей выработки, $^{\circ}\text{C}$;

t_{cp} – средняя температура рудничного воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Литература

1. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.
2. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971(1978).- 376 с.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 12

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания стволов (2 часа)

Цель изучения темы: изучение методики расчета количества воздуха, необходимого для проветривания стволов

Студенты должны знать: Общие требования, предъявляемые к проветриванию подготовительных выработок, особенности проветривания стволов и методики расчета количества воздуха, необходимого для проветривания стволов

Расход воздуха, необходимый для проветривания стволов, рассчитывается по выделению метана или углекислого газа, по газам, образующимся при взрывных работах, числу людей, средней минимальной скорости воздуха в выработке и минимальной скорости воздуха в призабойном пространстве выработки с учетом температуры. Окончательно принимается наибольший результат.

Независимо от глубины расчет выполняется сразу для максимальной длины ствола.

Расчет расхода воздуха производится для призабойного пространства ($Q_{з.п.}$) и в целом для выработки (Q_n).

Расчет расхода воздуха по выделению метана (углекислого газа) производится по формуле:

$$Q_{з.п.} = \frac{100 \cdot I_{з.п.}}{C - C_0}, \quad (12.1)$$

где $Q_{з.п.}$ – расход воздуха, который необходимо подавать в призабойное пространство ствола, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$I_{з.п.}$ - метановыделение на призабойном участке, $\text{м}^3/\text{мин}$;

C - допустимая согласно ПБ концентрация метана в исходящей из выработки вентиляционной струе, %;

C_0 – концентрация метана в струе воздуха, поступающего в тупиковую выработку, %; для стволов $C_0=0$.

При взрывном способе выемки угля в тупиковых выработках, проводимых по угольным пластам (для шахт, опасных по газу), определяется по формуле:

$$Q_{з.п.} = \frac{S \cdot l_{з.тр.}}{k_{т.д.}} \cdot \left[\frac{71 \cdot I_{з.п.макс}}{S \cdot l_{з.тр.} \cdot C_{макс} - C_0} + 18 \cdot I_{з.п.макс} \right]^2, \quad (12.2)$$

где S – площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2 ;

$l_{з.тр.}$ – расстояние от конца вентиляционного трубопровода до забоя выработки, м; принимается согласно требованиям ПБ;

$k_{т.д.}$ – коэффициент турбулентной диффузии; принимается равным 1,0 при $S \leq 10 \text{ м}^2$ и 0,8 при большем сечении выработки в свету;

$I_{з.п.макс}$ – максимальное метановыделение в призабойном простран-

стве после взрыва по углю, м³/мин;
 C_{\max} – допустимая максимальная концентрация метана в призабойном пространстве после взрыва, %; $C_{\max} = 2\%$.

При нагнетательно-всасывающем способе проветривания тупиковых выработок с использованием пылеулавливающих установок расход воздуха в нагнетательном трубопроводе перед воздуховыпускным клапаном $Q'_{з.п}$ должен быть больше или равен $1,2 Q_{з.п}$, где $Q_{з.п}$ – расход воздуха, определенный по формуле (12.1).

Расход воздуха через воздуховыпускной клапан $Q_{в.к}$ принимается $(0,65-0,75) \cdot Q'_{з.п}$, а подача пылеулавливающей установки $Q_{п.у} = 1,2 \cdot Q_{з.п}$. При этом должно выполняться условие $Q'_{з.п} \geq Q_{п.у}$, а $Q_{в.к} \geq 15S$.

Расчет расхода воздуха для проветривания ствола по газам, образующимся при взрывных работах, осуществляется по формуле:

$$Q_{з.п} = \frac{2,25}{T} \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{вв} \cdot \bar{S}^2 \cdot l_n^2 \cdot k_{обв}}{k_{м.т.}^2}}, \quad (12.3)$$

где $V_{вв}$ – объем вредных газов, образующихся после взрыва, л;
 $V_{вв} = 100 \cdot V_{уг} + 40 \cdot V_{пор}$; (12.4)

$V_{уг}$, $V_{пор}$ – масса одновременно взрывающихся ВВ по углю и породе соответственно, кг; если взрывание по углю и породе производится отдельно (в несколько приемов), то при расчете $Q_{з.п}$ принимается максимальное значение $V_{вв}$;

T – время проветривания выработки после взрыва, мин; принимается согласно ПБ;

\bar{S} – средняя площадь поперечного сечения выработки в свету при переменном сечении, м²;

$$\bar{S} = \frac{S_1 \cdot l_1 + S_2 \cdot l_2 + \dots + S_n \cdot l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}; \quad (12.5)$$

S_1, S_2, \dots, S_n – площади поперечных сечений отдельных участков выработки (ствола), м²;

l_1, l_2, \dots, l_n – длина этих участков, м;

l_n – длина тупиковой части определяется по формуле

$$l_n = \frac{12,5 \cdot V_{вв} k_{м.с} k_{с1}}{\bar{S}}; \quad (12.6)$$

$k_{обв}$ – коэффициент, учитывающий обводненность тупиковой выработки (ствола); принимается по табл. 4121;

Таблица 12.1 – Значения коэффициента обводненности $k_{обв}$

Характеристика выработок	$k_{обв}$
Стволы сухие (приток до 1 м ³ /ч) любой глубины и обводненные глубиной не более 200м. Горизонтальные и наклонные тупиковые выработки проводятся по сухим	0,8

породам	
Стволы обводненные (приток до 6 м ³ /ч) глубиной более 200м. Капез. Горизонтальные и наклонные тупиковые выработки частично проводятся по водоносным породам (влажные выработки)	0,6
Стволы обводненные (приток от 6 до 15 м ³ /ч) глубиной более 200м, капез в виде дождя. Горизонтальные и наклонные тупиковые выработки на всю длину проводятся по водоносным породам или с применением стационарных водяных завес (обводненные выработки)	0,3
Стволы обводненные (приток более 15 м ³ /ч) глубиной более 200м. Капез непрерывающимися струями.	0,15

$k_{ут.тр}$ - коэффициент утечек воздуха в вентиляционных трубопроводах. При длине $l_n < l_{н.кр}$ значение $k_{ут.тр}$ принимается для длины l_n , а при $l_n \geq l_{н.кр}$ - для длины, равной $l_{н.кр}$. При определении $k_{ут.тр}$ необходимо принимать $Q_{з.п} = 60 \cdot S \cdot v_{мин}$;

$k_{м.с}$ - коэффициент турбулентной диффузии полной свободной струи; определяется по табл. 12.2 в зависимости от величины $l_{з.тр}/d_{тр.п}$.

Таблица 12.2 – Значения коэффициента турбулентной диффузии свободной струи

$l_{з.тр}/d_{тр.п}$	$k_{м.с}$	$l_{з.тр}/d_{тр.п}$	$k_{м.с}$
3,22	0,247	7,72	0,460
3,57	0,262	9,60	0,529
3,93	0,276	12,10	0,600
4,28	0,287	15,80	0,672
4,80	0,300	21,85	0,744
5,40	0,335	30,80	0,810
6,35	0,395	48,10	0,873

$d_{тр.п}$ - приведенный диаметр трубопровода, м; при расположении у стенки ствола посередине высоты или ширины выработки равен $1,5 \cdot d_{тр}$. При использовании в стволах двух параллельных трубопроводов $d_{тр.п} = 1,5 \cdot (d_{тр1} + d_{тр2})$;

$k_{с1}$ - коэффициент, учитывающий совместное влияние обводненности и глубины ствола, а также температуры пород в стволе на процесс разбавления вредных газов; определяется по формуле:

$$k_{с1} = \frac{0,88 \cdot k_{с2}}{\sqrt{H_c + t_n - t_0}} + 0,04, \quad (12.7)$$

где H_c – глубина ствола от поверхности до расчетного пункта, м;
 k_{c_2} - коэффициент, учитывающий влияние обводненности ствола;
зависит от притока воды и равен:

приток воды, м ³ /ч	2	4	6	8	10	12	14	16	18
k_{c_2}	18,4	13,0	10,6	9,2	8,2	7,5	6,9	6,5	6,1

t_n - естественная температура пород на глубине H_c , °С; принимается по данным геологоразведки, а при их отсутствии рассчитывается по Единой методике прогнозирования температурных условий в угольных шахтах;

t_0 - среднемесячная температура атмосферного воздуха для июля, °С; принимается по данным, приведенным в Единой методике прогнозирования температурных условий в угольных шахтах.

Расчет расхода воздуха по числу людей производится по формуле:

$$Q_{з.п} = 6 \cdot n_{чел.з.п.}, \quad (12.8)$$

где $n_{чел.з.п.}$ - наибольшее число людей, одновременно работающих в призабойном пространстве, чел.

Расход воздуха по минимальной скорости в выработке рассчитывается по формуле:

$$Q_{з.п} = 60 \cdot v_{n\min} S, \quad (12.9)$$

где $v_{n\min}$ - минимально допустимая согласно ПБ скорость воздуха в тупиковой выработке (стволе), м/с.

Расход воздуха по минимальной скорости в призабойном пространстве тупиковой выработки в зависимости от температуры определяется по формуле:

$$Q_{з.п} = 20 \cdot v_{з\min} \cdot S, \quad (12.10)$$

где $v_{з\min}$ – минимально допустимая, согласно ПБ скорость воздуха в призабойном пространстве выработки в зависимости от температуры, м/с.

Расход воздуха для проветривания всей тупиковой выработки по газовыделению Q_n (м³/мин) при любых способах ее проведения определяется по формуле:

$$Q_n = \frac{100 \cdot I_n \cdot k_{н.п}}{C - C_0} \quad (12.11)$$

где I_n - метановыделение (выделение углекислого газа) в тупиковой выработке, м³/мин;

$k_{н.п}$ - коэффициент неравномерности газовыделения в тупиковой выработке.

При расчете Q_n по углекислому газу значение C_0 принимается равным концентрации углекислого газа в атмосферном воздухе на поверхности шахты.

Расход воздуха для проветривания тупиковой выработки по числу людей определяется по формуле (12.8), в которую вместо $n_{\text{чел.з.п}}$ подставляется наибольшее число людей, одновременно работающих в выработке.

При ведении сварочных работ в стволах расход воздуха по выделению вредных веществ рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{з.п}} = \frac{2,1 \cdot k_{\text{н.с}} \cdot M_{\text{св.п}} \cdot P_{\text{э}} \cdot n_{\text{пос}}}{N_{\text{св}} \cdot C_n}, \quad (12.12)$$

где $k_{\text{н.с}}$ - коэффициент, учитывающий неравномерность выполнения сварочных работ; принимается равным 1,1-1,2;

$M_{\text{св.п}}$ - масса сварочной пыли и газов, образующихся при расходе 1 кг электродов в перерасчете на условную окись марганца, г/кг; принимается по табл. 4.3 в зависимости от типа и марки электрода;

$n_{\text{пос}}$ – число сварочных постов, действующих в выработке одновременно;

$P_{\text{э}}$ – расход электродов на сварку 1 метра шва, кг/м;

$N_{\text{св}}$ - норма времени на 10 метров сварочного шва, ч/м; принимается $N_{\text{св}}=3,4$, ч/м;

C_n – предельно допустимая концентрация пыли окислов марганца, мг/м³; принимается $C_n=0,3$ мг/м³.

Таблица 12.3 – Вредные вещества, образующиеся при ведении сварочных работ, в пересчете на условную окись марганца

Тип электрода	Марка электрода	Объем сварочной пыли и газов, образующихся при расходе 1 кг электродов, в пересчете на условную окись марганца, г/кг
Э-42	ЦМ-7	7,5
	ОММ-5	2,9
	УОНИ-13/45	3,0
	УОНИ-13/55	3,0
ЭА-1	Аустенит	1,0
	АНО-1	1,43
	АНО-3	1,17
	АНО-4	1,05

Литература

4. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256с.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда.- К.:Основа, 1994.- 312 с.
6. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенко Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328с.

Выбор трубопровода и вентилятора для проветривания стволов (2 часа)

Цель изучения темы: Изучения методики расчетов выбора трубопровода и вентилятора для проветривания стволов

Студенты должны знать: Освоить методики расчетов по выбору трубопровода и вентилятора для проветривания стволов

Расчет проветривания стволов при проходке принципиально не отличается от расчета для других тупиковых выработок. Он состоит в определении количества воздуха, которое необходимо подавать в забой, дебита и депрессии вентилятора и выбора по этим характеристикам его типоразмера.

При проходке и углубке стволов для вентиляционного трубопровода должны применяться жесткие трубы. На участке от проходческого полка до забоя допускается применение гибких труб.

Основным типом вентиляционных труб, применяемых при проходке стволов, являются стальные диаметром 0,5÷1,2м и длиной звена от 3 до 4,2м. Выбирается диаметр трубопровода с учетом глубины и площади поперечного сечения ствола, расхода воздуха и расположения проходческого оборудования.

При глубине стволов до 800м для уплотнения стыков допускается применение промасленного картона или пенькового каната. При глубине стволов больше 300м и при скоростных темпах проходки, независимо от глубины ствола, для уплотнения стыков должны применяться резиновые прокладки.

При проходке стволов- скважин бурением следует применять для проветривания бурильные трубы. Они имеют внутренний диаметр 0,15 м, а длину – 6 и 12м. Резьбовое соединение обеспечивает максимальное уплотнение трубопровода, благодаря чему утечек воздуха почти нет.

Подача вентилятора, работающего на гибкий или жесткий трубопровод, определяется по формуле:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{з.п}} \cdot k_{\text{ут.тр}} \quad (13.1)$$

При проветривании выработок с использованием воздухозаборных камер на строящихся шахтах подача вентилятора, установленного на поверхности, определяется по формуле:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{в.с}} \cdot k_{\text{ут.тр}} \quad (13.2)$$

Подача вентилятора, установленного на поверхности, на период проходки стволов при комбинированных схемах проветривания определяется по формуле:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{в.с}} \cdot k_{\text{ут.вн}}, \quad (13.3)$$

где $Q_{\text{в.с}}$ – расход воздуха, который необходимо подавать к всасу ВМП, установленного в стволе воздухозаборной камеры, м³/мин;

$k_{\text{ут.вн}}$ – коэффициент, учитывающий подсосы воздуха через вентиляционный канал и перекрытие ствола; принимается равным $1,35 \div 1,40$.

Давление вентилятора, работающего на гибкий вентиляционный трубопровод или гибкий комбинированный трубопровод (депрессия трубопровода), определяется по формуле:

$$h_{\text{в}} = Q_{\text{в}}^2 \cdot R_{\text{тр.г}} \cdot \left(\frac{0,59}{k_{\text{ут.тр}}} + 0,41 \right)^2. \quad (13.4)$$

Давление вентилятора, работающего на жесткий вентиляционный трубопровод (депрессия трубопровода), определяется по формуле:

$$h_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}^2 \cdot R_{\text{тр.ж}}}{k_{\text{ут.тр}}}. \quad (13.5)$$

При проветривании стволов давление вентилятора, установленного на поверхности (депрессия сети), определяется по формуле:

$$h_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}^2 \cdot R_{\text{с}}}{k_{\text{ут.вн}}}, \quad (13.6)$$

где $R_{\text{с}}$ – аэродинамическое сопротивление сети (вентиляционной установки, участка ствола со свежей струей, вентиляционной сбойки, участка ствола с исходящей струей воздуха, нулевой рамы), $K\mu$.

Выбор вентилятора производится путем нанесения расчетного режима его работы $Q_{\text{в}}$ и $h_{\text{в}}$ (рис. 5.1, точка А), определяемого по формулам (13.1), (13.3) или (13.4) и формулам (13.5), (13.6) или (13.7) соответственно, на график аэродинамических характеристик вентиляторов. При этом для проветривания выработки следует принимать такой вентилятор (или несколько вентиляторов, установленных последовательно или параллельно), аэродинамическая характеристика которого проходит через точку с координатами расчетного режима $Q_{\text{в}}$ и $h_{\text{в}}$ или выше ее.

Если аэродинамическая характеристика вентилятора (или нескольких вентиляторов, установленных последовательно или параллельно) проходит выше точки с координатами расчетного режима $Q_{\text{в}}$ и $h_{\text{в}}$, то для определения подачи $Q_{\text{в.р}}$ и $h_{\text{в.р}}$ выбранного вентилятора (вентиляторов) необходимо нанести аэродинамическую характеристику трубопровода (сети) на график аэродинамической характеристики вентилятора. Точка пересечения характеристик (см. рис.18.3, точка Б) определяет значения $Q_{\text{в.р}}$ и $h_{\text{в.р}}$. В этом случае расход воздуха у забоя составит:

$$Q_{з.п.р} = 1.69 \cdot \sqrt{\frac{h_{в.р}}{R_{тр.г}}} - 0,69 \cdot Q_{в.р}. \quad (13.7)$$

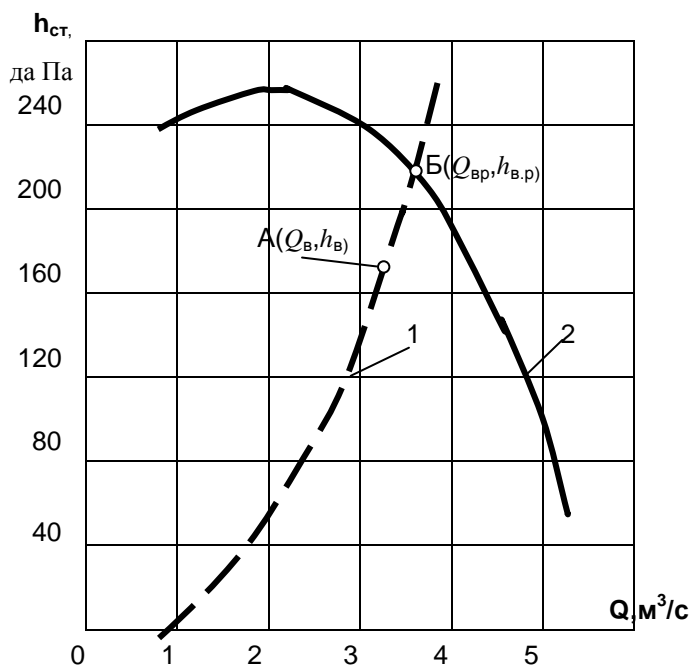


Рисунок 5.1 – Определение режима работы вентилятора

- 1 - аэродинамическая характеристика трубопровода (сети);
- 2 - аэродинамическая характеристика вентилятора.

Построение аэродинамической характеристики жесткого трубопровода или сопротивления сети выработок производится парным значениям Q_v и h_v (см. рис. 5.1, кривая 1).

Если нельзя обеспечить подачу требуемого расхода воздуха по одному трубопроводу, то проветривание выработки можно осуществлять по двум или трем трубопроводам.

При проходке стволов бурением подача воздуха к забою осуществляется с помощью водокольцевых воздуходувок. Выбор типа водокольцевых воздуходувок производится графоаналитическим путем на основе рассчитанных значений расхода воздуха $Q_{з.п.}$, депрессии става бурильных труб $h_{с.т}$ и графика аэродинамических характеристик водокольцевых воздуходувок.

Порядок выбора следующий. Расчетные значения $Q_{з.п.}$ и $h_{с.т}$ наносятся на график. К установке принимается воздуходувка, в рабочую область которой попадает расчетный режим.

Депрессия става бурильных труб определяется по формуле:

$$h_{с.т} = P_2 \cdot \left(\sqrt{1 + 5 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{\lambda_c \cdot Q_{з.п.}^2 \cdot l_{тр}}{d_{тр}^5}} - 1 \right), \quad (13.8)$$

где P_2 – абсолютное давление воздуха в конце трубопровода, даПа;

$$P_2 = P_{ат} + 1,3 \cdot H_c; \quad (13.9)$$

λ_c – коэффициент сопротивления; принимается для труб с внутренним диаметром 0,15м равным 0,025, а с внутренним диаметром 0,2м-0,020;

$l_{тр}$ – длина става бурильных труб, м;

$d_{тр}$ – внутренний диаметр бурильных труб, м;

$P_{ам}$ – абсолютное давление воздуха у устья ствола (скважины), даПа;

H_c – глубина ствола, м.

В случае, если при помощи водокольцевых воздуходувок и обычных бурильных труб внутренним диаметром 0,15м невозможно обеспечить расходы воздуха, подсчитанные по метановыделению или минимальной скорости, необходимо переходить на бурильные трубы следующих размеров – 0,2; 0,25; 0,30м.

Литература

7. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256с.
8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда.- К.:Основа, 1994.- 312 с.
9. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328с.

**Выбор способа проветривания и необходимого количество воздуха при
проходке горизонтальных тупиковых выработок**

Цель изучения темы: изучить методику выбора способа проветривания и определение необходимой подачи свежего воздуха в забой.

Студенты должны знать: Освоить методики выбора способа проветривания и определение необходимой подачи свежего воздуха в забой

Основной задачей проветривания тупиковых выработок является поддержание установленных Правилами безопасности параметров рудничной атмосферы.

Исходя из горнотехнических и горногеологических условий, наиболее приемлемыми являются следующие способы проветривания тупиковых выработок:

Нагнетательный способ проветривания наиболее целесообразен при относительно наибольшей (до 300 м) длине выработки. В обычных условиях в длинных выработках и с учётом того, что продолжительность проветривания ограничена Правилами безопасности (30 минут), этот способ требует применения мощных вентиляторов. Нагнетательному способу проветривания присущи высокая эффективность омывания забоя свежим воздухом, простота выполнения и возможность применения гибких трубопроводов. Основным недостатком его является большой расход свежего воздуха и отвод загрязнённого воздуха по самой выработке.

Комбинированный способ проветривания рекомендуется Правилами безопасности как основной. Его используют в выработках протяжённостью более 300м. Комбинированный способ проветривания тупиковых выработок представляет собой сочетание нагнетательного и всасывающего способов. Он позволяет до максимума сократить время удаления газов и особенно целесообразен для проветривания протяжённых выработок большой площадью сечения, а также при скоростных проходках.

Основным недостатком этого способа в обычных условиях является наличие двух вентиляторных установок. Необходимость регулирования режимов их работы и увеличение эксплуатационных затрат.

Исходя из требований Правил безопасности исходных данных (общая длина тупиковой выработки – 600 м., площадь поперечного сечения- 8,3м²) выбираем комбинированный способ проветривания. При его использовании по всей длине выработки прокладывается всасывающий трубопровод, а в призабойной части выработки – трубопровод, по которому в рабочую зону подаётся воздух из незагрязнённой части выработки.

Нагнетательный вентилятор должен располагаться от забоя выработки на расстоянии не менее длины зоны отброса газов L_{30} .

Протяжённость этой зоны определяется по формуле:

$$L_{30} = \frac{2 \cdot 10^4 A}{\rho \cdot l_y \sqrt{S_{CB}}} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 50}{2600 \cdot 1,5 \sqrt{8,3}} = 89 \text{ м} \quad (14.1)$$

Где A - масса одновременно взрываемого ВВ, кг;

- плотность горной породы кг/м^3 ;

- подвигание забоя на один цикл, м;

$S_{\text{св}}$ - площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2 .

Длина нагнетательного трубопровода, м : $L_{\text{н.тр.}} = 80$ м.

Всасывающий вентилятор монтируется в выработке, проветриваемой за счёт общешахтной депрессии.

Длина всасывающего трубопровода : $L_{\text{вс.тр.}} = 590$ кг.

На основании исходных данных и Правил безопасности, подачи воздуха рассчитывается по углекислому газу, по газам от взрывных работ по пыли и наибольшему числу одновременно работающих в выработке людей.

Подача воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$) для уменьшения концентрации в выработке углекислого газа определяется по формуле:

$$Q_3 = 100Q_{\text{Г}} / (C_{\text{н}} - C_0) = \frac{100 \cdot 0,6}{(0,5 - 0,1)} = 150 \text{ м}^3 / \text{мин} \quad (14.2)$$

где $Q_{\text{Г}}$ – фактическое выделение газа в выработке, $\text{м}^3/\text{мин}$.

$C_{\text{н}}$ - предельно – допустимая по ПБ концентрация газа в воздухе выработки, %

C_0 – содержание газа в свежей струе, поступающей в выработку, %.

Содержание углекислого газа в свежей струе, поступающей в выработку, не должно превышать 0,3 ПДК.

При появлении в выработке углекислого газа, когда суммарная интенсивность его выделения в призабойном пространстве превышает $0,6 \text{ м}^3/\text{мин}$ штольня (шахта) в состав которой входит эта выработка, должна переводиться на газовый режим.

Расчёт подачи воздуха для разжижения вредных газов от взрывных работ при комбинированном способе проветривания ($\text{м}^3/\text{мин}$):

а) Расход воздуха у забоя нагнетательным вентилятором ($\text{м}^3/\text{мин}$)

$$Q_{\text{зп}} = \frac{2,83}{t} \sqrt[3]{A \cdot S_{\text{св}}^2 \cdot L_{30}^2 \cdot \epsilon_{\text{ф}}} = \frac{2,83}{30} \sqrt[3]{50 \cdot 8,3^2 \cdot 89^2 \cdot 40} = 97,2 \text{ м}^3 / \text{мин} \quad (14.3)$$

б) Расход воздуха у забоя всасывающим вентилятором ($\text{м}^3/\text{мин}$);

$$Q_{\text{звс}} = 1,3 Q_{\text{зп}} = 1,3 \cdot 97,2 = 126,4 \text{ м}^3/\text{мин}. \quad (14.4)$$

В формулах (3,4) t – продолжительность проветривания, мин (в соответствии с ПБ $t=30$ мин); A - масса ВВ, взрываемого в одном цикле проходки, кг.; $S_{\text{св}}$ – площадь поперечного сечения выработки в свету, м^2 ; $\epsilon_{\text{ф}}$ – фактическая газовость ВВ, л/кг.; L_{30} – длина зоны отброса газов при взрыве, м.

Для эффективного выноса пыли из выработки скорость движения воздуха по выработке должна быть не ниже 0,3 м/с.

С учётом этого, подача воздуха по пылевому фактору составит ($\text{м}^3/\text{мин}$) :

$$Q_3 = 0,3 \cdot 60 S_{\text{св}} = 18 S_{\text{св}}. \quad (14.5)$$

$$Q_3 = 18 \cdot 8,3 = 149,4 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Если в выработках не ведутся работы, связанные с пылеобразованием и отсутствуют другие вредные вещества, подача воздуха должна составлять не

менее $6\text{ м}^3/\text{мин}$ на каждого человека, считая по наибольшему числу людей $N_{\text{л}}$ в выработке ($\text{м}^3/\text{мин}$)

$$Q_3 = 6 \cdot N_{\text{л}} = 6 \cdot 3 = 18\text{ м}^3/\text{мин} \quad (14.6)$$

Принимаем максимальный расход воздуха ($\text{м}^3/\text{мин}$)

$$Q_{\text{з.н.}} = Q_3 = 150\text{ м}^3/\text{мин}$$

где: $Q_{\text{з.н.}}$ – расход воздуха у забоя нагнетательным вентилятором.

Расход воздуха у забоя всасывающим вентилятором ($\text{м}^3 / \text{мин}$):

$$Q_{\text{з.вс.}} = 1,3 \cdot Q_{\text{з.н.}} = 1,3 \cdot 150 = 195\text{ м}^3/\text{мин}. \quad (14.7)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Несмотряев В.И., Косьянов В.Д. – «Проведение горизонтальных подземных разведочных выработок и камер». Издательство Московской государственной геологоразведочной академии. Москва 2001 г.
2. Лукьянов В.Г., Грибчак Л.Г., Рогов В.Ф., Смирнов Ю.Т., Громов А.Д., Новиков Г.П., Махотин В.В., Крец В.Г., Шукин А.А. – «Справочное пособие. Проведение горизонтальных горноразведочных выработок скоростным методом». Издательство «Недра» 1989 год.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ № 15

Выбор типа и диаметра вентиляционного трубопровода (2 часа)

Цель изучения темы: изучить методику выбора типа вентиляционных труб

Студенты должны знать: освоить методику выбора типа вентиляционных труб

Тип вентиляционных труб должен соответствовать площади поперечного сечения и длине выработки. Диаметр вентиляционных труб выбирается из расчёта, чтобы скорость движения воздушной струи по трубопроводу не превышала 20 м/с.. Для нагнетательного вентилятора принимаем текстолитовые гибкие вентиляционные трубы. Их главное достоинство – небольшая масса и невысокое аэродинамическое сопротивление.

Принимаем для нагнетательного вентилятора трубы из прорезиненной ткани (тип МУ) диаметром 0,4 м. У гибкого трубопровода в один из швов вмонтированы специальные крючки, с помощью которых он подвешивается к протянутому вдоль выработки тросу.

$$V_{н.тр.} = \frac{4 \cdot Q_{з.н.}}{\pi \cdot d_{тр.}^2} = \frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,4^2} = 15,9 \text{ м/с}$$

Скорость движения воздуха по трубопроводам удовлетворяет требованиям безопасности $V_{н.тр.} \leq 20 \text{ м/с}$

Техническая характеристика гибких труб

Диаметр, м	0,4
Тип	МУ
Тканевая основа	Чефер
Покрытие	Двустороннее негорючей резиной
Масса 1 м трубы, кг	1,6
Длина, м	10
Коэффициент аэродинамического сопротивления, $\text{Нс}^2/\text{м}^4$	0,0025

Для всасывающего вентилятора принимаем металлические вентиляционные трубы. Учитывая длину всасывающего трубопровода, для приведения аэродинамического сопротивления в оптимальный предел значений принимаем диаметр всасывающего трубопровода равным 0,6 м.

$$V_{вс.тр.} = \frac{4 \cdot Q_{з.н.}}{\pi \cdot d_{тр.}^2} = \frac{4 \cdot 2,65}{3,14 \cdot 0,6^2} = 9,37 \text{ м/с}$$

Скорость движения воздуха по трубопроводам удовлетворяет требованиям безопасности $V_{вс.тр.} \leq 20 \text{ м/с}$

Техническая характеристика металлических труб

Диаметр, м	0,6
Материал	металл
Длина звена, м	10
Масса 1 м трубы, кг	35,7
Коэффициент аэродинамического сопротивления, $\text{Нс}^2/\text{м}^4$	0,0030

Расстояние от конца нагнетательного трубопровода до забоя должно быть не более:

$$\ell_3^H < 4 \cdot \sqrt{S} = 4 \cdot \sqrt{6,8} = 10,43 \text{ м} \approx 10 \text{ м}$$

Расстояние от конца всасывающего трубопровода принимаем: $\ell_3^{вс} = 20 \text{ м}$.

Для стыковки гибких труб друг с другом в их концы вмонтированы стальные разрезные пружинящие кольца. Для соединения соседних звеньев пружинное кольцо одного звена сжимают и вводят внутрь другого. При включении вентилятора стык самоуплотняется.

Расчёт аэродинамических параметров трубопроводов (2 часа)

Цель изучения темы: Изучить методику выбора аэродинамических параметров трубопроводов

Студенты должны знать: Освоить методику выбора аэродинамических параметров трубопроводов

Проветривание проектируемой горной выработки при её проведении осуществляется с помощью вентиляторов местного проветривания.

Аэродинамическими параметрами трубопровода являются аэродинамическое сопротивление, воздухопроницаемость и депрессия. По трубам воздух движется за счет разности давлений у их концов, которая затрачивается на преодоление сопротивлений, оказываемых ими. Аэродинамическое сопротивление трубопровода при любой форме его сечения определяется по формуле:

$$R = \frac{6,48 \cdot \alpha \cdot L_T}{d_T^5}, \text{ где}$$

α - коэффициент аэродинамического сопротивления, $H \cdot c^2 / m^8$;

L_T - длина трубопровода, м;

d_T - диаметр трубопровода, м.

Найдём аэродинамическое сопротивление трубопровода:

- для всасывающего вентилятора:

$$R_{T1} = \frac{6,48 \cdot \alpha^{ec} \cdot L_T^{ec}}{d_T^{ec5}} = \frac{6,48 \cdot 0,003 \cdot 890}{0,6^5} = 222,5 H \cdot c^2 / m^8, \text{ где}$$

$\alpha^{ec} = 0,0030 H \cdot c^2 / m^8$ - коэффициент аэродинамического сопротивления;

$d_T^{ec} = 0,6 м$ - диаметр вентиляционной трубы для всасывающего вентилятора.

- для нагнетательного вентилятора:

$$R_{T2} = \frac{6,48 \cdot \alpha^n \cdot L_T^n}{d_T^n5} = \frac{6,48 \cdot 0,0025 \cdot 109}{0,4^5} = 172,44 H \cdot c^2 / m^8$$

$\alpha^n = 0,0025 H \cdot c^2 / m^8$ - коэффициент аэродинамического сопротивления;

$d_T^n = 0,4 м$ - диаметр вентиляционной трубы для нагнетательного вентилятора.

Найдём воздухопроницаемость трубопроводов:

- коэффициент подсосов для всасывающего трубопровода:

$$k_y = \left(0,1 \cdot k_{II} \cdot d_T \cdot \frac{L_T}{\ell_T} \cdot \sqrt{R_{T1}} + 1 \right)^2 = \left(0,1 \cdot 0,002 \cdot 0,6 \cdot \frac{890}{10} \cdot \sqrt{222,5} + 1 \right)^2 = 1,344$$

Где $k_{II} = 0,002$ - коэффициент, характеризующий плотность соединения звеньев трубопровода (при хорошем качестве сборки).

$\ell_T = 10 м$ - длина одной трубы, м;

$L_T = 890_m$ - длина всасывающего трубопровода, м;

$d_T = 0,6$ - диаметр труб, м;

$R_T = 222,5$ - аэродинамическое сопротивление трубопровода $H \cdot c^2 / m^8$;

- коэффициент утечек для нагнетательного трубопровода:

$$k_y = \left(0,1 \cdot k_{II} \cdot d_T \cdot \frac{L_T}{\ell_T} \cdot \sqrt{R_{T1}} + 1 \right)^2 = \left(0,1 \cdot 0,0016 \cdot 0,4 \cdot \frac{109}{10} \cdot \sqrt{172,44} + 1 \right)^2 = 1,018, \text{ где}$$

$k_{II} = 0,0016$ - коэффициент, характеризующий плотность соединения звеньев трубопровода.

$\ell_T = 10_m$ - длина одной трубы, м;

$L_T = 109_m$ - длина всасывающего трубопровода, м;

$d_T = 0,4$ - диаметр труб, м;

$R_T = 172,44$ - аэродинамическое сопротивление трубопровода $H \cdot c^2 / m^8$;

Расчет депрессии вентиляционных трубопроводов (2 часа)

Цель изучения темы: Изучить методику расчета депрессии вентиляционных трубопроводов

Студенты должны знать: Освоить методику расчета депрессии вентиляционных трубопроводов

Общая депрессия, которую должен преодолеть вентилятор:

$$h_{TP} = h_{CT} + h_M + h_D, \text{ где}$$

h_{CT} - статическая депрессия, Па;

h_M - депрессия за счёт местных сопротивлений (уменьшение диаметра, повороты

трубопровода), Па;

h_D - динамическая депрессия, Па.

Под депрессией вентиляционного трубопровода понимаются потери напора.

Статическая депрессия трубопровода (статистический напор вентиляторов):

$$h^{cm} = k_y \cdot Q^2 \cdot R, \text{ где}$$

k_y - коэффициент воздухопроницаемости трубопровода;

Q - необходимая подача свежего воздуха, м³/с.

R - аэродинамическое сопротивление трубопровода.

Депрессия вентилятора, необходимая для преодоления сопротивления трубопровода определяется по формуле:

- для всасывающего трубопровода

$$h_{вс}^{cm} = k_{y.вс.} \cdot R_{T1} \cdot Q_{вс}^2 = 1,344 \cdot 222,5 \cdot 2,65^2 = 2099,9 \text{ Па}$$

- для нагнетательного трубопровода

$$h_{н}^{cm} = k_{y.н.} \cdot R_{T1} \cdot Q_{н}^2 = 1,018 \cdot 172,44 \cdot 2,0^2 = 702,17 \text{ Па}$$

В действительности, в трубопроводе из-за утечек расход воздуха по длине трубопровода непостоянен, поэтому при расчёте мы пользовались среднегеометрическим значением.

Депрессия на преодоление местных сопротивлений в гибком трубопроводе – зависит от степени турбулентности воздушного потока и количества стыков между отдельными звеньями:

$$h_M = n \cdot \xi \cdot V_{TP}^2 \cdot \frac{\rho}{2}, \text{ где}$$

n - число стыков по всей длине трубопровода;

ξ - коэффициент местного сопротивления одного стыка;

V_{TP} - скорость движения воздуха в трубопроводе, м/с;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

Приближённо депрессия на преодоление местных сопротивлений в гибком трубопроводе может приниматься равной 20% от статической депрессии:

$$h_{м.н.} = 0,2 \cdot h_n^{cm} = 0,2 \cdot 702,17 = 140,4 \text{ Па}$$

В металлическом трубопроводе депрессия на преодоление сопротивлений на стыках невелика, и ею можно пренебречь.

Динамическая депрессия гибких трубопроводов:

$$h_d = V_{ср.тр.}^2 \cdot \frac{\rho}{2}, \text{ где}$$

$V_{ср.тр.}$ - средняя скорость движения воздуха в трубопроводе на прямолинейном участке;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

- для всасывающего трубопровода:

$$h_d = 9,37^2 \cdot \frac{1,222}{2} = 53,64 \text{ Па}$$

- для нагнетательного трубопровода:

$$h_d = 15,9^2 \cdot \frac{1,222}{2} = 154,46 \text{ Па}$$

Теперь подсчитаем общую депрессию для всасывающего и нагнетательного трубопровода:

- для всасывающего трубопровода:

$$h_{тр.вс} = 2099,9 + 53,64 = 2153,63 \text{ Па}$$

- для нагнетательного трубопровода:

$$h_{тр.н} = 702,17 + 140,4 + 154,46 = 997,03 \text{ Па}$$

Необходимая производительность вентиляторов:

- для всасывающего трубопровода

$$h_{вс}^{cm} = k_{у.вс.} \cdot Q_{вс} = 1,344 \cdot 2,65 = 3,56 \text{ м}^3/\text{с} = 213,69 \text{ м}^3/\text{мин}, \text{ где}$$

$k_y = 1,344$ - коэффициент воздухопроницаемости всасывающего трубопровода;

$Q_n = 2,65 \text{ м}^3/\text{с}$ - наибольшая подача воздуха в забой, с учётом различных факторов.

- для нагнетательного трубопровода

$$h_n^{cm} = k_{у.н.} \cdot Q_n = 1,018 \cdot 2,0 = 2,03 \text{ м}^3/\text{с} = 122,16 \text{ м}^3/\text{мин}, \text{ где}$$

$k_y = 1,018$ - коэффициент воздухопроницаемости нагнетательного трубопровода;

$Q_n = 2,0 \text{ м}^3/\text{с}$ - наибольшая подача воздуха в забой, с учётом различных факторов

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

3. Несмотряев В.И., Косьянов В.Д. – «Проведение горизонтальных подземных разведочных выработок и камер».

Издательство Московской государственной геологоразведочной академии. Москва 2001 г.

4. Лукьянов В.Г., Грибчак Л.Г., Рогов В.Ф., Смирнов Ю.Т., Громов А.Д., Новиков Г.П., Махотин В.В., Крец В.Г., Шукин А.А. – «Справочное пособие. Проведение горизонтальных горноразведочных выработок скоростным методом».

Издательство «Недра» 1989 год.

5. Братченко Б.Ф., Нечушкин Г.М., Гаркуша Н.Г., Бабак Г.А., Богомолов Н.А., Пак В.В., Сидорович В.Г., Дьякова Г.Е. – «Стационарные установки шахт». Издательство «Недра» 1977 г.

6. Муратов В.Н., Холопкин Ю.И.- «Справочник механика подземных геологоразведочных работ». Издательство «Недра» 1978г.

Выбор типа и количество вентиляторов местного проветривания при проходке горизонтальных тупиковых выработок (2 часа)

Цель изучения темы: Изучить методику выбора типа и количество вентиляторов местного проветривания при проходке горизонтальных тупиковых выработок

Студенты должны знать: Методика выбора типа и количество вентиляторов местного проветривания при проходке горизонтальных тупиковых выработок

Производительность вентиляторов определяем с учётом количества воздуха, необходимого для проветривания выработок, и коэффициента воздухопроницаемости.

Нагнетательный вентилятор располагается не дальше 119 метров от забоя. Длина нагнетательного трубопровода 109 метров. Депрессия нагнетательного трубопровода 997,03 Па. Необходимая производительность вентилятора 122,16 м³/мин. Поэтому принимаем осевой вентилятор местного проветривания с электроприводом ВМ-4М.

Показатель	Единицы измерения	Значение
Номинальный диаметр трубопровода	мм	400
Диаметр рабочего колеса	мм	398
Подача: - оптимальная - в рабочей зоне	м ³ /мин	114 48 - 156
Полное давление: - оптимальное - в рабочей зоне	Па	1300 700 - 1450
Максимальный полный К.П.Д. - вентилятора - агрегата		0,72 0,61
Потребляемая мощность в рабочей области	кВт	2,8 – 3,8
Уровень шума в рабочей области без глушителя на расстоянии 2 м. от всоса	дБ	82 - 88
Масса агрегата	кг	140
Размеры: - длина - ширина - высота	мм	740 550 560
Электродвигатель		ВАОМ32-2

Напряжение	В	380/660
------------	---	---------

Это означает, что вентилятор ВМ-5М создавая оптимальный напор равный 114 м³/мин, равный оптимальной депрессии 1300 Па, обеспечивает подачу необходимого количества воздуха 122,16 м³/мин, при депрессии 997,03 Па.

Всасывающий вентилятор располагается не дальше 910 метров от забоя. Длина всасывающего трубопровода 890 метров. Депрессия всасывающего трубопровода 2153,63 Па. Необходимая производительность вентилятора 213,69 м³/мин. Поэтому принимаем осевой вентилятор с электроприводом ВМ-6М.

Показатель	Единицы измерения	Значение
Номинальный диаметр трубопровода	мм	600
Диаметр рабочего колеса	мм	595
Подача: - оптимальная - в рабочей зоне	м ³ /мин	342 138 - 480
Полное давление: - оптимальное - в рабочей зоне	Па	2600 750 - 3400
Максимальный полный К.П.Д. - вентилятора - агрегата		0,76 0,68
Потребляемая мощность в рабочей области	кВт	10 – 22,5
Уровень шума в рабочей области без глушителя на расстоянии 2 м. от всоса	дБ	100 - 110
Масса агрегата	кг	350
Размеры: длина ширина высота	мм	1050 730 750
Электродвигатель		ВАОМ62-2
Напряжение	В	380/660

Это означает, что вентилятор ВМ-6М создавая оптимальный напор равный 342 м³/мин, равный оптимальной депрессии 2600 Па, обеспечивает подачу необходимого количества воздуха 213,69 м³/мин, при депрессии 2153,63 Па.

Потребное количество вентиляторов для проветривания всей выработки рассчитывается по уравнению:

- всасывающий вентилятор:

$$n = \frac{h_{TP.BC}}{0,85 \cdot h_{вс.вент.}} = \frac{2153,63}{0,85 \cdot 2600} = 0,97 \approx 1 \text{ умт.}, \text{ где}$$

$h_{TP.BC} = 2153,63$ - депрессия всасывающего трубопровода;

$h_{вс.вент.} = 2600 \text{ Па}$ - оптимальное давление вентилятора, Па.

- нагнетательный вентилятор:

$$n = \frac{h_{TP.H}}{0,85 \cdot h_{H.вент.}} = \frac{997,03}{0,85 \cdot 1300} = 0,9 \approx 1 \text{ умт.}, \text{ где}$$

$h_{TP.H} = 997,03$ - депрессия всасывающего трубопровода;

$h_{H.вент.} = 1300 \text{ Па}$ - оптимальное давление вентилятора, Па.

Коэффициент 0,85 в формуле вводится для того, чтобы исключить возможность образования зон разрежения в трубопроводе.

Проверочный расчёт мощности потребляемой электродвигателем привода вентилятора ВМ-6М:

$$P = \frac{Q_{з.вс} \cdot h_{TP.BC}}{1000 \cdot \eta} = \frac{2,65 \cdot 2153,63}{1000 \cdot 0,76} = 7,5 \text{ кВт}$$

Проверочный расчёт мощности потребляемой электродвигателем привода вентилятора ВМ-4М

$$P = \frac{Q_з \cdot h_{TP.H}}{1000 \cdot \eta} = \frac{2,0 \cdot 997,03}{1000 \cdot 0,72} = 2,77 \text{ кВт}$$

По произведенным расчетам мощности видно, что тип и марка вентилятора выбраны правильно, а установленные на вентиляторах двигатели обеспечивают их нормальную работу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

7. Несмотряев В.И., Косьянов В.Д. – «Проведение горизонтальных подземных разведочных выработок и камер». Издательство Московской государственной геологоразведочной академии. Москва 2001 г.

8. Лукьянов В.Г., Грибчак Л.Г., Рогов В.Ф., Смирнов Ю.Т., Громов А.Д., Новиков Г.П., Махотин В.В., Крец В.Г., Щукин А.А. – «Справочное пособие. Проведение горизонтальных горноразведочных выработок скоростным методом». Издательство «Недра» 1989 год.

9. Братченко Б.Ф., Нечушкин Г.М., Гаркуша Н.Г., Бабак Г.А., Богомолов Н.А., Пак В.В., Сидорович В.Г., Дьякова Г.Е. – «Стационарные установки шахт». Издательство «Недра» 1977 г.

10. Муратов В.Н., Холопкин Ю.И. - «Справочник механика подземных геологоразведочных работ». Издательство «Недра» 1978г.

**Составление паспорта проветривания при проходке горных выработок
(2 часа)**

Цель изучения темы: Изучить порядок составления паспорта проветривания при проходке горных выработок

Студенты должны знать: Порядок составления паспорта проветривания при проходке горных выработок

Проветривание горизонтальных горных выработок, их проведение осуществляется в соответствии с паспортом проветривания. Паспорт проветривания составляется руководителем горных работ и утверждается главным инженером экспедиции или партии.

Все работающие в выработке должны быть ознакомлены с паспортом под роспись.

В текстовой части паспорта 6 разделов:

Первый раздел: Характеристика выработки.

- наименование выработки..... штрек
- глубина заложения от поверхности..... 300м
- площадь поперечного сечения в свету..... 6,8м²
- длина проветриваемой выработки..... 900м

Второй раздел: Характеристика системы проветривания.

1. Способ проветривания – комбинированный.

2. Расход воздуха поступающего к забою (м³/с)

$$Q \geq 1,43 \cdot Q_{з.вс} = 1,43 \cdot 2,65 = 3,79 \text{ м}^3/\text{с}, \text{ где}$$

$Q_{з.вс}$ - производительность всасывающего вентилятора, м³/с.

3. Производительность вентилятора, работающего на нагнетание (м³/с)

$$Q_з = 122,4 \text{ м}^3/\text{мин} = 2,04 \text{ м}^3/\text{сек}$$

4. Производительность вентилятора, работающего на всасывание (м³/с):

$$Q_{з.вс} = 159,12 \text{ м}^3/\text{мин} = 2,65 \text{ м}^3/\text{сек}$$

5. Средняя скорость воздушного потока в выработке в 25 метрах от забоя (м³/с).

Количество воздуха, проходящего по выработке в 25 метрах от забоя (м³/с):

$$Q = Q - Q_з = 3,79 - 2,04 = 1,75 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Скорость движения воздуха в 25 метрах от забоя:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{1,75}{6,8} = 0,257 \text{ м}/\text{с}, \text{ где}$$

$S = 6,8 \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения выработки в свету.

6. Количество вентиляторов в системе проветривания – 2 шт.

7. Общая мощность вентиляторов, кВт:

$$N_{общ} = N_n + N_{вс} = 2,77 + 7,5 = 10,27 \text{ кВт}, \text{ где}$$

$N_n = 2,77 \text{ кВт}$ - мощность вентилятора, работающего на нагнетание;

$N_{вс} = 7,5 \text{ кВт}$ - мощность вентилятора, работающего на всас.

8. Максимальный расход взрывчатых веществ (кг/м³):

$$Q_{BB} = \frac{q_{ц}}{V} = \frac{109,25}{10,88} = 10 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \text{ где}$$

$q_{ц} = 109,25 \text{ кг}$ - расход ВВ на один цикл;

$V = S \cdot 1,6 = 6,8 \cdot 1,6 = 10,88 \text{ м}^3$ - объём взорванной породы за цикл.

9. Время проветривания после взрыва ВВ, по истечению которого в забой допускаются люди, мин:

$$t = 30 \text{ минут}$$

Третий раздел: Характеристика вентиляционных трубопроводов.

1. Назначение трубопровода:
 - для подачи воздуха нагнетательным вентилятором;
 - для подачи воздуха всасывающим вентилятором.
2. Материал вентиляционных труб:
 - для нагнетательного трубопровода - МУ;
 - для всасывающего трубопровода - листовая сталь.
3. Диаметр вентиляционных труб, м:
 - гибкие - 400 мм;
 - металлические - 600 мм.
4. Способ соединения звеньев:
 - гибкие - пружинящими стальными кольцами;
 - металлические - фланцевым болтовым соединением с прокладкой в стыке.
5. Способ подвески трубопроводов в выработке:
 - гибкие к тросу, протянутому по выработке;
 - металлические - при помощи подвесок.

Характеристика вентиляторов.

1. Марка вентиляторов:
 - работающего на нагнетание - ВМ-4М;
 - работающего на всас - ВМ-6М.
2. Производительность (при проектной протяжённости), м³/с:
 - работающего на нагнетание - 2 м³/с;
 - работающего на всас - 2,65 м³/с.
3. Депрессия при проектной протяжённости (Па)
 - работающего на нагнетание - 997,03 Па;
 - работающего на всас - 2153,63 Па.
4. Диаметр рабочего колеса, мм:
 - ВМ – 4М – 398 мм;
 - ВМ – 6М – 595 мм.
5. Мощность электродвигателя:
 - ВМ – 4М – 4 кВт;
 - ВМ – 6М – 24 кВт.
6. Габаритные размеры:
 - ВМ – 4М, длина 740 мм, ширина – 550 мм, высота – 560 мм;
 - ВМ – 6М, длина 1050 мм, ширина – 730 мм, высота – 750 мм

7. Масса вентиляторов:

- ВМ – 4М – 140 кг;
- ВМ – 6М – 350 кг.

Режим работы системы в случае пожара.

(излагаются мероприятия согласно плану ликвидации аварии)

Шестой раздел: Дополнительные сведения о средствах и способах проветривания и борьбы с запылённостью воздуха в призабойном пространстве.

1. Интенсивная вентиляция.
2. Бурение шпуров с промывкой водой.
3. Орошение водой поверхности призабойного пространства выработки (длиной 20 метров) перед вымыванием. Поверхность выработки орошать за 30 минут до взрывания. Расход воды на 1 м² выработки 1,5 – 1,8 л.
4. Для подавления пылегазового облака при ведении взрывных работ устанавливать водяные завесы в 20 м от забоя. Для создания водяных завес используются два конусных туманообразователя ТК – 1.

Техническая характеристика ТК – 1

Расход воды, л/мин.....	23÷43
Расход воздуха, м ³ /мин.....	1,2÷3,4
Диаметр оросительного факела, м	2,5
Угол раствора факела, градус	90
Дальнобойность, м	
- активная.....	8
- максимальная.....	13
- масса, кг	0,72

1. Орошение водой взорванной породы до и во время погрузки при помощи механических разбрызгивателей.
2. Использование средств индивидуальной защиты – респираторов.

В графической части паспорта проветривания схемой проветривания на плане выработки в масштабе 1:1000 и поперечный разрез выработки в масштабе 1:50.

Даются также эскизы монтажа вентилятора и способы подвески трубопроводов.

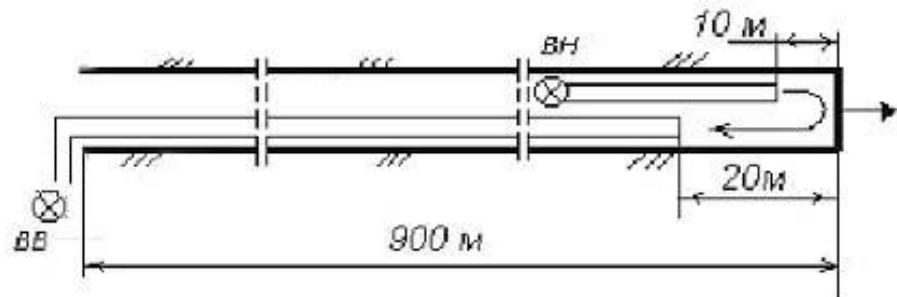


Схема расположения вентиляционного оборудования в проектируемой выработке
 ВН - нагнетающий вентилятор;
 ВВ-всасывающий вентилятор

Литература

5. Аэрология горных предприятий. /К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев.- М.:Недра, 1987.- 421 с.
6. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда. К.:Основа, 1994.- 312 с.
7. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.- МУП СССР, МакНИИ, Макеевка-Донбасс, 1987.- 29 с.

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания очистных, нарезных и подготовительных выработок на подземных рудниках самоходными машинами (2 часа)

Цель изучения темы: Методика расчета воздухопотребности очистных, нарезных и подготовительных выработок на подземных рудниках самоходными машинами шахты

Студенты должны знать: Методика расчета воздухопотребности очистных, нарезных и подготовительных выработок на подземных рудниках самоходными машинами шахты

Расчёт необходимого количества свежего воздуха выполняется для отдельных забоев, технологических камер и выработок с последующим его суммированием по участкам, крыльям, горизонтам и по руднику в целом, с учётом коэффициентов утечек, неравномерности распределения и резерва.

Количество воздуха, необходимое для проветривания забоев и выработок, рассчитывается по следующим факторам: - по условию разжижения ядовитых газов от взрывных работ до санитарно-допустимых норм; - по условию разжижения выхлопных газов при работе самоходного дизельного оборудования (методика будет использована при определении воздухопотребности на перспективу); - по условию выноса пыли; - по максимально возможному количеству людей, находящихся в выработке.

Расчёт количества воздуха, необходимого для проветривания очистных выработок.

Количество воздуха, необходимое для проветривания камер в случае, когда применяются массовые взрывы, производится по формуле:

$$Q_{оч} = \frac{a}{60 \cdot T} \sqrt{B_y \cdot V_z}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где, a – коэффициент (для систем поэтажного обрушения и камерной системы с послонной отбойкой глубокими скважинами равен 40,3);

T – время проветривания, мин; B_y – условный заряд ВВ, кг;

$$B_y = i \cdot B;$$

B – количество одновременно взрывающегося ВВ, кг; i – коэффициент фактического газовыделения (при $B_y < 3$, $i = 0,175$); V_z – объем загазованных выработок, м^3 ;

$$V_z = V_u + I_{ВВ0} \cdot B_y, \text{ м}^3$$

V_u – объем выработок на исходящей струе, м³; I_{BB0} – общая газовость ВВ, $I_{BB0}=0,9$ м³/кг.

Количество воздуха, необходимое для проветривания очистных камер при отбойке скважинными зарядами производится по формуле

$$Q_{оч} = \frac{V_k}{60 \cdot T \cdot \kappa_6} \ln \frac{650 \cdot I_{BB0}}{V_k}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где, V_k – объем камеры, м³; T – время проветривания, мин; κ_6 – коэффициент полезного действия проветривания камеры; $\kappa_6=0,4$ при высоте камеры более 60 м и когда в камере действуют несколько свободных струй.

Для проветривания восстающих выработок количество воздуха определяется по формуле:

$$Q_B = \frac{0,35 \cdot k_1 \cdot k_2}{60 \cdot T} \sqrt{\frac{B \cdot I_{BB} \cdot H \cdot S}{0,008 \cdot k_{ут.тр}}}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где, k_1 – коэффициент, учитывающий высоту восстающего, $k_1 = 0,98$; k_2 – для нагнетательного способа проветривание $k_2 = 1$; H – высота восстающего, м; S – сечение восстающего, м²; I_{BB} – газовость ВВ, $I_{BB}=40$ л/кг; $K_{ум.тр}$ – коэффициент утечек воздуха в трубопроводе.

При проходке горизонтальных выработок и нагнетательном или комбинированном способах проветривания воздухопотребность определяется, по формуле:

$$Q_B = \frac{2,25}{60 \cdot T} \sqrt[3]{\frac{B \cdot I_{BB} \cdot L^2 \cdot S^2 \cdot k_{об}}{k_{ут.тр}^2}}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где, S – средняя площадь поперечного сечения выработки в свету, м²; L – длина тупиковой части выработки, м; $k_{об}$ – коэффициент, учитывающий обводненности выработки.

Количество воздуха, необходимое для проветривания выработок при работе самоходного дизельного оборудования, рассчитывается по формуле:

$$Q_{диз} = \frac{q \cdot k_o \cdot \sum M}{60}, \text{ м}^3/\text{с}$$

где, q – норма подачи воздуха на единицу мощности двигателя, $q=5,0$ м³/(л.с.×мин); k_o – коэффициент одновременности работы, при работе одновременно одной, двух, трёх и более машин k_o соответственно принимает значения 1,0; 0,9; 0,85; $\sum M$ – суммарная мощность двигателей, л.с.

Литература

8. Аэрология горных предприятий. /К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев.- М.:Недра, 1987.- 421 с.
9. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда. К.:Основа, 1994.- 312 с.
10. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.- МУП СССР, МакНИИ, Макеевка-Донбасс, 1987.- 29 с.

**Расчет количества воздуха, необходимого
для проветривания очистных выработок угольных шахт
(2 часа)**

Цель изучения темы: Изучение методики расчета количества воздуха, необходимого для проветривания очистных забоев.

Студенты должны знать: Основные схемы проветривания очистных забоев и освоить методику расчета количества воздуха, необходимого для их проветривания.

Расход воздуха, необходимый для проветривания очистных выработок, рассчитывается по выделению метана, углекислого газа, газов, образующихся при взрывных работах, по числу людей и проверяется по допустимой скорости воздуха, а при последовательном проветривании тупиковых выработок, примыкающих к очистным – также по подаче ВМП. Окончательно принимается наибольший результат.

Кроме того, на шахтах III категории по газу и выше расход воздуха, принятый для проветривания очистной выработки, должен быть проверен по метановыделению при внезапном прорыве метана из почвы выработки.

При выемке каменных углей с прослойками в пласте породы суммарной мощностью 0,05 м и более или с присечкой боковых пород, а также антрацитовых пластов и температуре воздуха 16⁰С и выше расход воздуха должен быть дополнительно рассчитан из условия оптимальной по пылевому фактору скорости, если для разбавления вредных газов или по температурным условиям не требуется большая скорость воздуха.

Для схем проветривания с примыканием исходящей струи к целику и погашением вентиляционной выработки (схемы типа 1-М) расчет расхода воздуха по выделению метана (углекислого газа) следует вести сразу для выемочного участка по формуле:

$$Q_{\text{уч}} = \frac{100 \cdot \bar{I}_{\text{уч}} \cdot K_{\text{н}}}{C - C_0}, \quad (21.1)$$

где $\bar{I}_{\text{уч}}$ – среднее фактическое (ожидаемое) метановыделение (выделение углекислого газа) в пределах выемочного участка, м³/мин;

$K_{\text{н}}$ – коэффициент неравномерности газовыделения.

Расход воздуха для проветривания очистной выработки (лавы) по выделению метана (углекислого газа) определяется по формуле:

$$Q_{\text{оч}} = \frac{100 \cdot \bar{I}_{\text{оч}} \cdot K_{\text{н}}}{C - C_0}, \quad (21.2)$$

где $Q_{\text{оч}}$ – расход воздуха для проветривания очистной выработки, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$\bar{I}_{\text{оч}}$ – среднее ожидаемое (фактическое) газовыделение в очистной выработке, $\text{м}^3/\text{мин}$;

C – допустимая, согласно ПБ, концентрация метана (углекислого газа) в исходящей выработке из очистной выработки вентиляционной струи, %;

C_0 – концентрация газа в поступающей на выемочный участок вентиляционной струе, %; определяется для выработок действующих шахт по результатам измерений, а для проектируемых принимается равной 0,05%;

K_n – коэффициент неравномерности метановыделения (выделения углекислого газа), доли ед.

Расход воздуха для проветривания лав при максимально допустимой нагрузке на лаву по газовому фактору (метановыделению) определяется по формуле:

$$Q_{\text{оч}} = Q_{\text{очmax}} \cdot k_{0,3} = 60 \cdot S_{\text{очmin}} \cdot v_{\text{max}} k_{0,3}, \quad (21.3)$$

где $Q_{\text{очmax}}$ – максимальный расход воздуха, который можно подать в очистную выработку, $\text{м}^3/\text{мин}$;

$k_{0,3}$ – коэффициент, учитывающий движение воздуха по части выработанного пространства, непосредственно прилегающей к призабойному; принимается по табл. 21.1;

$S_{\text{очmin}}$ – минимальная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки в свету, м^2 ;

$m_{\text{в.пр}}$ – вынимаемая мощность пласта с учетом породных прослоек, м;

v_{min} – минимальная ширина призабойного пространства, м; принимается согласно паспорту крепления и управления кровлей.

Таблица 21.1 – Значение коэффициента $k_{0,3}$

Способ управления кровлей	Породы непосредственной кровли	$k_{0,3}$
Полное обрушение	Песчаники	1,30
То же	Песчаные сланцы	1,25
То же	Глинистые сланцы	1,20
То же	Сыпучие	1,05
Плавное опускание	Независимо от пород	1,15
Частичная закладка	То же	1,10
Полная закладка	То же	1,05

Примечание. При обработке тонких крутых пластов щитовыми агрегатами значение $k_{0,3}$ принимается равным 1,15.

При последовательном проветривании очистных выработок расчет воздуха по выделению метана для второй лавы определяется по формуле (21.4) или (21.5), а для первой лавы- по формуле (21.2):

$$Q_{\text{оч}_2} = \frac{100 \cdot \bar{I}_{\text{оч}_1} \cdot K_{\text{н}}}{C_1 - C_0} \quad \text{при } \bar{I}_{\text{оч}_1} > \bar{I}_{\text{оч}_2}; \quad (21.4)$$

$$Q_{\text{оч}_2} = \frac{100 \cdot (\bar{I}_{\text{оч}_1} + \bar{I}_{\text{оч}_2}) \cdot K_{\text{н}}}{C_1 - C_0} \quad \text{при } \bar{I}_{\text{оч}_1} \leq \bar{I}_{\text{оч}_2}, \quad (21.5)$$

где $Q_{\text{оч}_2}$ - расход воздуха, который необходимо подавать во вторую лаву, м³/мин;

C_1 – допустимая концентрация метана в воздухе, поступающем во вторую лаву, %; принимается согласно ПБ;

$\bar{I}_{\text{оч}_1}$, $\bar{I}_{\text{оч}_2}$ - среднее фактическое (ожидаемое) выделение метана в первую и вторую лавы, считая от выработки с поступающей струей воздуха, м³/мин.

Значения коэффициента неравномерности метановыделения в формуле (21.5) принимаются по суммарному метановыделению в последовательно проветриваемых лавах.

Расчет расхода воздуха по выделению углекислого газа при последовательном проветривании лав производится по формуле:

$$Q_{\text{оч}_2} = \frac{100 \cdot K_{\text{н}}}{C - C_0} (\bar{I}_{\text{оч}_1} - \bar{I}_{\text{оч}_2}), \quad (21.6)$$

где $\bar{I}_{\text{оч}_1}$, $\bar{I}_{\text{оч}_2}$ - ожидаемое среднее выделение углекислого газа в первой и второй лавах, считая от выработки с поступающей струей воздуха, м³/мин.

Для схем проветривания выемочных участков с примыканием исходящих струй к целику угля и погашением вентиляционных выработок вслед за лавами (схемы типа 1-М), когда расход воздуха для проветривания выемочного участка определяется по формуле (6.1), расход воздуха для проветривания очистной выработки по газовыделению рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{оч}} = \frac{Q_{\text{уч}} \cdot k_{0,3}}{k_{\text{ут.в}}}, \quad (21.7)$$

где $k_{\text{ут.в}}$ – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство в пределах участка.

Расчет по газам, образующимся при взрывных работах, для очистки забоев типа лав выполняется по формуле:

$$Q_{\text{оч}} = \frac{34}{T} \cdot \sqrt{V_{\text{ут}} \cdot V_{\text{оч}}} \cdot k_{0,3}, \quad (21.8)$$

где T – время проветривания выработки, мин; принимается согласно ПБ;

$V_{\text{ут}}$ – масса одновременно взрывааемых ВВ по углю, кг;

$V_{\text{оч}}$ – проветриваемый объем очистной выработки, м^3 :

$$V_{\text{оч}} = m_{\text{в.пр}} \cdot b_{\text{max}} \cdot l_{\text{оч}}; \quad (21.9)$$

b_{max} – максимальная ширина призабойного пространства, м;

принимается согласно паспорту крепления и управления кровлей, а для лавообразных выработок с большим шагом обрушения (закладки) – равной ширине трех рабочих лент (дорожек).

Расчет расхода воздуха по числу людей производится по формуле:

$$Q_{\text{оч}} = 6 \cdot n_{\text{чел}} \cdot k_{0,3}, \quad (21.10)$$

где $n_{\text{чел}}$ – наибольшее число людей, одновременно работающих в очистной выработке.

При последовательном проветривании лав:

$$Q_{\text{оч}} = 6 \cdot k_{0,3} \cdot \sum_{i=1}^j n_{\text{чел}_i}, \quad (21.11)$$

Расчет расхода воздуха из условия оптимальной скорости по пылевому фактору производится по формуле:

$$Q_{\text{оч}} = 60 \cdot S_{\text{очmin}} \cdot v_{\text{опт}} k_{0,3}, \quad (21.12)$$

где $v_{\text{опт}}$ – оптимальная скорость воздуха в призабойном пространстве лавы, м/с; принимается 1,6 м/с.

Проверка расхода воздуха по скорости производится по следующим формулам:

- по минимальной скорости воздуха в очистной выработке:

$$Q_{\text{оч}} \geq Q_{\text{очmin}} \cdot k_{0,3} = 60 \cdot S_{\text{очmax}} \cdot v_{\text{min}} \cdot k_{0,3}, \quad (21.13)$$

где $S_{\text{очmax}}$ – максимальная площадь поперечного сечения призабойного пространства очистной выработки в свету, м^2 ;

v_{min} – минимально допустимая скорость воздуха в очистной выработке, м/с; принимается согласно ПБ;

- по максимальной скорости воздуха в очистной выработке:

$$Q_{\text{оч}} \leq Q_{\text{очmax}} \cdot k_{0,3} = 60 \cdot S_{\text{очmin}} \cdot v_{\text{max}} \cdot k_{0,3}; \quad (21.14)$$

- по минимальной скорости воздуха в промежуточных штреках с подсвежающей струей при последовательном проветривании лав:

$$Q_{\text{оч.п}} \geq 60 \cdot S_{\text{очmax}} \cdot v_{\text{min}} \cdot k_{0,3} + 60 \cdot S_{\text{пр.ш}} \cdot v_{\text{min}}, \quad (21.15)$$

где $S_{\text{пр.шт}}$ – площадь поперечного сечения промежуточного штрека, по которому подается подсвежающая струя, м^2 ;

v_{min} – минимальная скорость воздуха в промежуточном штреке, м/с ; принимается согласно ПБ.

Проверка по подаче ВМП при последовательном проветривании тупиковых и очистных выработок производится по соблюдению условия

$$Q_{\text{оч}} \geq Q_{\text{вс}}, \quad (21.16)$$

где $Q_{\text{вс}}$ – расход воздуха, который необходимо подать к всасу ВМП, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Проверка по метановыделению при внезапном разрушении надрабатываемого массива

$$Q_{\text{оч}} \geq 4 \cdot (I_{\text{м}} + \bar{I}_{\text{оч}} \cdot K_{\text{н}}), \quad (21.17)$$

где $I_{\text{м}}$ – ожидаемый максимальный расход метана из надрабатываемого массива при внезапном его разрушении, $\text{м}^3/\text{мин}$; определяется в соответствии с требованиями Инструкции по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок (Макеевка–Донбасс, 1987).

Если условия формулы (21.17) не выполняются, то разрабатываются мероприятия в соответствии с требованиями указанной Инструкции.

Литература

11. Аэрология горных предприятий. /К.З. Ушаков, А.С. Бурчаков, Л.А. Пучков, И.И. Медведев.- М.:Недра, 1987.- 421 с.
12. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: Государственный нормативный акт об охране труда. К.:Основа, 1994.- 312 с.
13. Инструкция по прогнозу и предупреждению внезапных прорывов метана из почвы горных выработок.- МУП СССР, МакНИИ, Макеевка-Донбасс, 1987.- 29 с.

Расчет вентиляционной сети (2 часа)

Цель изучения темы: Изучение методов расчета элементарных видов вентиляционных соединений.

Студенты должны знать: Виды простейших вентиляционных соединений, встречающихся в шахтной вентиляционной сети и методику их расчета

Расчет вентиляционной сети сводится к определению создаваемого вентилятором перепада давления, необходимого для перемещения по трубопроводу заданного количества воздуха. Расчет ведется в следующем порядке.

- определяется дебит отсасываемого воздуха от каждого источника выделения вредностей;
- по рекомендуемым для трубопроводов с учетом шумности и экономичности вентиляции скоростям движения воздуха определяется сечение основного трубопровода и ответвлений к пунктам отсосов;
- вычерчивается расчетная схема системы вентиляции;
- определяется напор, необходимый для перемещения воздуха по наиболее длинному и сложному в отношении местных сопротивлений направлению;
- определяется напор в узлах, от которых идут ответвления;
- исходя из условий, что потери напора по трудному направлению до узловой точки и по ответвлению должны быть равны между собой, определяют сечение ответвлений, которое регулируется задвижкой, или диаметр трубопровода отвода, который необходим для соблюдения равенства напоров;
- по заданному дебиту и напору выбирается вентилятор. Напор, создаваемый вентилятором, определяется по формуле:

$$h = \sum_1^n h_{\text{тр}} + \sum_1^n h_{\text{м}}, \quad (22.1)$$

где $h_{\text{тр}}$ - суммарный перепад давления для преодоления сопротивления трения, кГ/м^2 ;

$h_{\text{м}}$ – суммарные потери давления на местных сопротивлениях, кГ/м^2 .

Потеря напора, вызванная сопротивлением трения воздуха о стенки трубопровода, определяется по формуле:

$$h_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{L \cdot v^2 \cdot \gamma}{4 \cdot R \cdot g}, \quad (22.2)$$

где λ - коэффициент трения;

L – длина трубопровода, м;

ν – скорость движения воздуха в трубопроводе, м/сек;

$R = S/P$ – гидравлический радиус трубопровода, м;

γ – удельный вес воздуха, кГ/м^3 .

Для трубопровода круглого сечения:

$$h_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{L \cdot \nu^2 \cdot \gamma}{D \cdot 2g}, \quad (22.3)$$

где D – диаметр трубопровода, м.

Поскольку $\nu = Q/S$ и $R = S/P$, то

$$h_{\text{тр}} = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{\nu^2}{2g} \cdot \frac{2P}{S^3} \cdot Q^2 \quad (22.4)$$

Из формул видно, что при одних и тех же параметрах трубопровода и количества воздуха сопротивление трения зависит от коэффициента трения λ , обусловленного шероховатостью трубопровода и режимом движения воздуха (турбулентный или ламинарный). При турбулентном режиме движения средняя скорость потока по сечению $\nu_{\text{ср}} = 0,85 \cdot \nu_{\text{max}}$, а при ламинарном режиме – $\nu_{\text{ср}} = 0,5 \cdot \nu_{\text{max}}$.

При ламинарном режиме потока коэффициент трения определяется по формуле Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}. \quad (22.5)$$

Подставив значение λ из формулы 7.5 в 7.4, получим:

$$h_{\text{тр}} = \frac{32 \cdot \nu \cdot \gamma \cdot L}{g \cdot D^2}. \quad (22.6)$$

Для промежуточного между ламинарными и турбулентными режимами потока коэффициент трения определяется по формуле Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}}. \quad (22.7)$$

При установившемся турбулентном потоке коэффициент трения определяется по формуле:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2 \frac{r_0}{\varepsilon}, \quad (22.8)$$

где r_0 – радиус трубы;

ε – высота выступов шероховатости, мм.

В таблицах значения коэффициентов трения λ обычно даны для технически гладких труб. Для перевода λ к условиям шероховатых труб пользуются формулой:

$$\lambda_{\text{шер}} = \lambda_{\text{гл}} (\varepsilon \nu)^{0,25}, \quad (22.9)$$

где v – скорость движения воздуха в трубе, м/сек

Потери на местные сопротивления принято выражать в долях от скоростного (динамического) давления

$$h_m = \frac{\xi \cdot v^2 \cdot \gamma}{2g}, \quad (22.10)$$

где ξ - коэффициент местного сопротивления;

v – скорость движения воздуха после местного сопротивления, м/сек.

Величина местного сопротивления определяется опытным путём и приводится в справочных таблицах.

В тех случаях, когда имеет место сосредоточенное образование различных вредностей и нет необходимости производить общеобменную вентиляцию, для лучшего использования приточного воздуха применяют местную вентиляцию. К местной вентиляции относятся: воздушные души, местные отсосы, и воздушные завесы.

Воздушные души представляют собой направленные на человека потоки воздуха, назначение которых заключается в том, чтобы создать в зоне действия потока более благоприятные условия, чем в остальной части помещения.

Действие воздушного душа основано на охлаждении тела рабочего за счёт отдачи тепла при больших скоростях воздушного потока. При невысокой влажности подаваемого воздуха для повышения эффективности душа к лопаткам вентилятора иногда подаётся распылённая вода, которая увеличивает влажность подаваемого воздуха.

Местный отсос. Местная вытяжная вентиляция является эффективной при локализации местных (сосредоточенных) источников вредностей. Улавливание вредностей осуществляется с помощью вытяжных шкафов, открытых зонтов или закрытых кожухов. При местном отсосе у места забора вредностей создается разрежение, обеспечивающее приток воздуха к месту всаса, что предотвращает её распространение в помещении. Чем плотнее укрыт источник вредностей, тем эффективнее местный отсос. Расчёт отсасывающей установки ведётся в зависимости от количества вредностей, способа их укрытия и других параметров.

Воздушные завесы. В зимний период времени в промышленные помещения поступают большие количества холодного воздуха, вызывая переохлаждения и простудные заболевания трудящихся. Для уменьшения разности температур наружного воздуха и воздуха в помещении устраиваются воздушные горячие завесы. Щели завес могут располагаться внизу проёма или по периметру его. В практике большое распространение получил первый способ. Характер действия воздушной завесы показан на рис. 7.1

Дальнобойность воздушной завесы может быть рассчитана по формуле:

$$h = \frac{0.28 \cdot b}{a} \cdot \left(\frac{w_{\text{нач}}}{w_0} \right) \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha, \quad (22.11)$$

где b – ширина щели, м;

a – коэффициент турбулентной структуры плоской струи,

$$a = 0,12 \div 0,2;$$

α – угол наклона щели в сторону движения холодного воздуха с осью абсцисс, расположенной вдоль проёма;

$w_{\text{нач}}$ – начальная скорость воздуха при выходе из щели, м/сек;

w_0 – скорость ветра (набегающего холодного потока), м/сек.

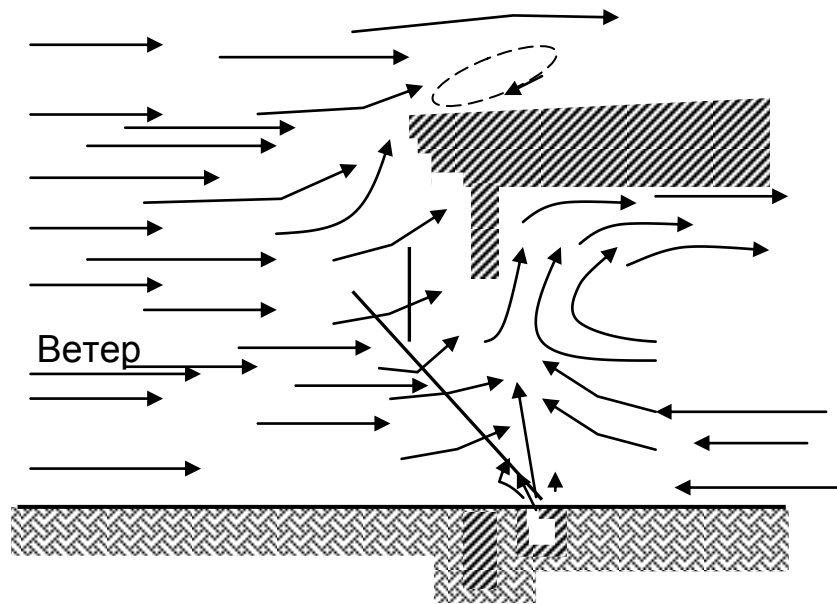


Рисунок 7.1 – Воздушно-тепловая завеса

Количество воздуха для завесы определяется по формуле:

$$Q_0 = \frac{Q_{\text{пр}} - Q_{\text{нар}}}{R}, \quad (22.12)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – количество воздуха, которое должно пройти через проём в помещение при отсутствии завесы, м³/час;

$Q_{\text{нар}}$ – количество наружного воздуха, которое проникает через проём при наличии завесы, м³/час;

R – характеристика завесы:

$$R = f \cdot \sqrt{\frac{H}{b} + 1}; \quad (22.13)$$

f – коэффициент который для углов $20-50^\circ$ может быть принят $f=0,41$;

H – высота проёма, м.

Вентиляционное оборудование. Для осуществления искусственной вентиляции кроме вентиляторов применяют следующее оборудование и устройства: фильтры для очистки воздуха от пыли и других вредных веществ, устройства для забора наружного и отсасываемого воздуха от источников вредных веществ, воздухопроводы, калориферы для обогрева воздуха, увлажнители, озонаторы, кондиционеры и др. Необходимое оборудование и устройства рассчитывают и подбирают применительно к конкретным условиям.

Литература

4. Бурчаков А.С., Мустель П.И., Ушаков К.З. Рудничная аэрология.- М.:Недра, 1971.- 376 с.
5. Пигида Г.Л., Будзило Е.А., Горбунов Н.И. Аэродинамические расчеты по рудничной аэрологии в примерах и задачах.- К.:УМКВО, 1992.- 400 с.
6. Абрамов Ф.А., Бойко Ф.А., Гращенков Н.Ф. и др. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.

Эксплуатационный расчет вентиляторов главного проветривания и определение режимы их работу

Цель изучения темы: Изучение метода эксплуатационного расчета вентиляторов главного проветривания и определение режимы их работы

Студенты должны знать: методику эксплуатационного расчета вентиляторов главного проветривания и определение режимы их работы

Схема проветривания рудника фланговая, по вспомогательному стволу, пройденный параллельно главному, свежий воздух подается, по второму вспомогательному - выдается. Способ проветривания нагнетательный, так как применяется в шахтах опасных по взрыву газа и пыли. На таких рудниках главные вентиляторные установки могут состоять из одного агрегата с резервным электроприводом. Выбор вентилятора главного проветривания производится по графику промышленного использования центробежных вентиляторов. Выбор центробежных вентиляторов обоснован тем, что они являются более производительными по сравнению с осевыми.

Основными потребителями свежего воздуха является все выработки который ведется непосредственные работы: рабочие блоки, проходческие и вспомогательные выработки. Регулирование атмосферных условий проводится установленную правилам безопасности скоростью (минимум и максимум) движения воздуха. Для определения количества свежего воздуха и выбора главной вентиляторной установки необходимо определить число одновременно работающих выработок и блоков.

Определение необходимое число рабочих блоков

$$N_{\text{бл}} = A_{\text{см}} * 1,15 / Q_{\text{см}} = 23 \text{ шт.}$$

где $A_{\text{см}}$ -сменная производительность шахты, тн/см

$$A_{\text{см}} = A_{\text{год}} / N_{\text{р.д}} * N_{\text{см}} = 2000000 / 360 * 3 = 1850 \text{ тн/см}$$

$A_{\text{год}}$ —годовая производительность шахты ,тн/год

$N_{\text{р.д}}; N_{\text{см}}$ - количество раб. дней в году и рабочих смен в сутке

Определение необходимое рабочие число проходческих забоев

Количества подготовительных выработок определяем в следующем порядке:

$$\text{количества подэтажей } N_{\text{п.эт.}} = H_{\text{эт.}} / h_{\text{п.эт.}} = 60 / 15 = 4 \text{ п.эт.}$$

Где $H_{\text{эт.}}$, $h_{\text{п.эт.}}$ - высота этажа и подэтажа, м

Общая протяженность подэтажэй в блок –участке

$$\sum L_{\text{п.э}} = L_{\text{п.э}} * N_{\text{п.эт}} = 240 * 4 = 960 \text{ м}$$

$L_{\text{п.э}}$ - длина участки, м.

Общая протяженность участкого НТС

$$\sum L_{\text{НТС}} = 1,1 * H_{\text{эт.}} / i_{\text{р}} = 60 / 0,141 = 468 \text{ м}$$

Общая протяженность рудоспусков (концентриционных камер)

$$\sum L_{p.cп} = 1,15 \cdot H_{эТ} = 69 \text{ м}$$

Общая протяженность штреков (откаточных и подсечных) $\sum L_{шт.} = L_{п.э} \cdot 1,2 = 240 \cdot 1,2 = 288 \text{ м}$

Итого горнопроходческих работ по блоку

$$\sum L_{ГПР} = \sum L_{п.э} + \sum L_{нтс} + \sum L_{p.cп} + \sum L_{шт} = 960 + 468 + 69 + 288 = 1785 \text{ м}$$

Определяем запасы руды в блоке

$$P_p = (V_p \cdot (1-p) \cdot (1+p)) \cdot \gamma_p = (43200 \cdot (1-0,05) \cdot (1+0,2)) \cdot 2,67 = 131492 \text{ тн}$$

Где V_p - объем руды в блоке, $V_p = L_{п.э} \cdot H_{эТ} \cdot M = 240 \cdot 60 \cdot 3 = 43200 \text{ м}^3$

Определяем удельный расход ГПР на 1т руды по участку

$$L_{уд.гпр} = \sum L_{ГПР} / P_p = 1785 / 131492 = 0,01356 \text{ км.}$$

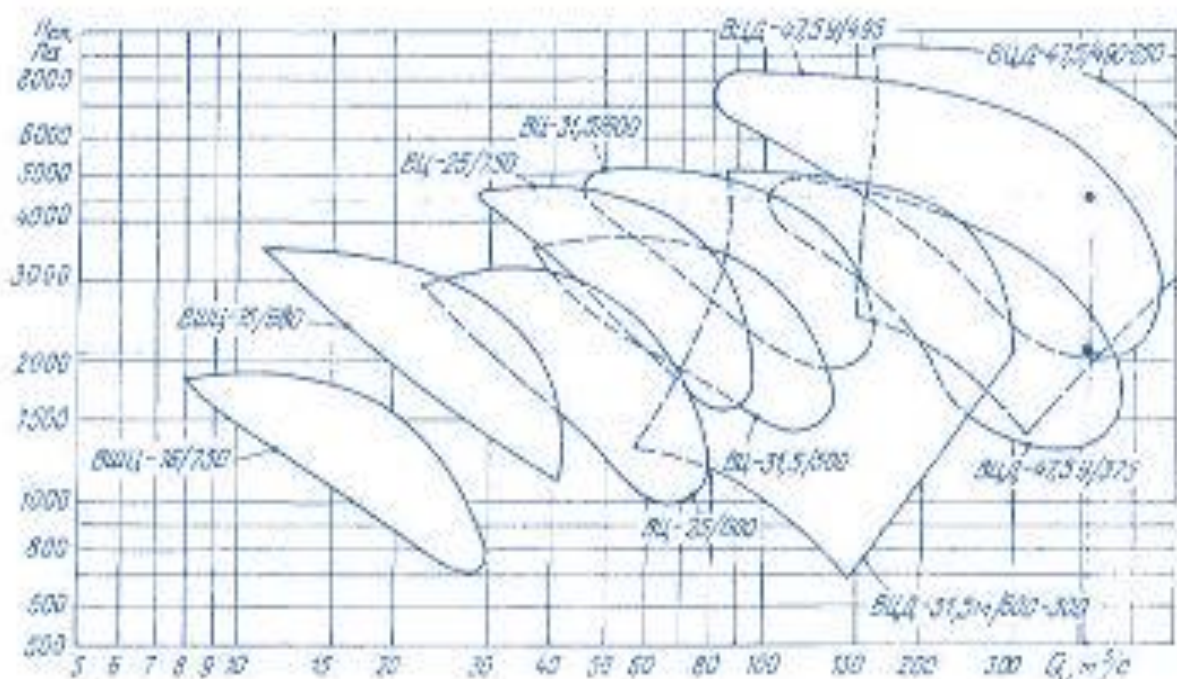


Рис.23.1.График промышленного использования центробежных вентиляторов.

По расходу воздуха $Q_{возд} = 430 \text{ м}^3/\text{с}$, максимальным и минимальным депрессиям, $h_{min} = 235 \text{ мм.вод.ст.} = 235/0,102 = 2304 \text{ Па}$, $h_{max} = 465 \text{ мм.вод.ст.} = 465/0,102 = 4461 \text{ Па}$, по рис. 23.1., примем вентилятор ВЦД-47,5У/495

Определение действительного режима работы вентилятора главного проветривания

Характеристика внешней сети для минимальной и максимальной депрессии определяются по общему уравнению

$$H_c = R_c \cdot Q^2, \text{ Па,}$$

где H_c - сопротивление внешней сети вентиляторной установки, Па; Q - расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$; R_c - коэффициент сопротивления внешней сети.

Коэффициент сопротивления сети при минимальной депрессии

$$R_{c.min} = \frac{h_{min}}{Q^2} = \frac{2304}{430^2} = 0,0124$$

Коэффициент сопротивления сети при максимальной депрессии $R_{c.max} = \frac{h_{max}}{Q^2} = \frac{4461}{430^2} = 0,024$ Расчеты характеристики внешней сети в начале и конце эксплуатации ведем в табличной форме $H_{c.min} = R_{c.min} \cdot Q^2, \text{Па};$ $H_{c.max} = R_{c.max} \cdot Q^2, \text{Па}$ $Q, \text{м}^3/\text{с}$	0	107	322	430	645	752	860
$H_{c.min}$	0	141,9	1285,6	2292,7	5158,7	7012,2	9171
$H_{c.max}$	0	274,7	2488,4	4437,6	9984,6	13572,1	17750,4

По полученным табличным значениям на индивидуальной характеристике вентилятора строим кривые h_1, h_2 (Рис.23.2.).

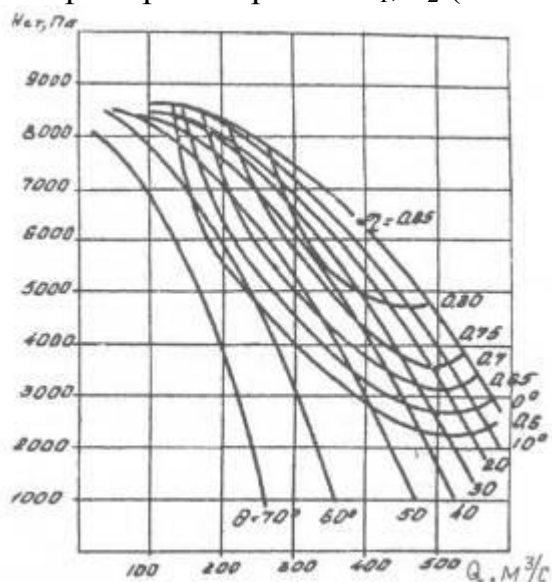


Рис.23.2.Характеристика вентилятора ВЦД-47,5У и характеристика сети

Регулирование режимов работы вентилятора производится изменением угла установки лопастей направляющих аппаратов.

Угол установки лопастей направляющих аппаратов определяется по пересечению перпендикуляра, исходящий из расхода воздуха необходимый для проветривания шахты, и кривых характеристик углов установки лопаток направляющего аппарата на вентиляторе. Определяются статические давления при соответствующих углах.

Время, через которое необходимо заменить установку угла лопаток, лет

$$t_1 = T_{ст} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_4 - h_1} = 25 \cdot \frac{2700 - 2300}{4500 - 2300} = 4,6$$

$$t_2 = T_{ст} \cdot \frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_1} = 25 \cdot \frac{3900 - 2700}{4500 - 2300} = 13,6$$

$$t_2 = T_{сл} \cdot \frac{h_3 - h_2}{h_4 - h_1} = 25 \cdot \frac{4500 - 3900}{4500 - 2300} = 6,8$$

$$T_{сл} = t_1 + t_2 + t_3 = 4,6 + 13,6 + 6,8 = 25$$

Резерв производительности вентилятора

- в начале эксплуатации

$$Q_{нач.экс.} = \frac{Q_{к} - Q_{возд}}{Q_{к}} \cdot 100\% = \frac{540 - 430}{540} \cdot 100\% = 20\% \quad (4.9)$$

- в конце эксплуатации

$$Q_{кон.экс.} = \frac{Q_{в} - Q_{возд}}{Q_{возд}} \cdot 100\% = \frac{460 - 430}{430} \cdot 100\% = 7\%$$

где $Q_{к}$, $Q_{в}$ -необходимый расход воздуха, принимаемый по заданию

4.3 Расчет электропривода вентилятора главного проветривания

Мощность электропривода

- в начале эксплуатации

$$N_{мин} = 1,1 \cdot \frac{Q \cdot h_{мин}}{10^3 \cdot \eta_{мин}} = 1,1 \cdot \frac{430 \cdot 2304}{10^3 \cdot 0,6} = 1816 \text{кВт} \quad (4.11)$$

- в конце эксплуатации

$$N_{max} = 1,1 \cdot \frac{Q \cdot h_{max}}{10^3 \cdot \eta_{max}} = 1,1 \cdot \frac{430 \cdot 4461}{10^3 \cdot 0,8} = 2638 \text{кВт} \quad (4.12)$$

Необходимую мощность привода определяем по большей из полученных расчетов.

Принимаем электропривод сдсз-2-17-76-12. N=4000кВт, частота вращения. 500 мин⁻¹, КПД 95,5%.

Литература

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Государственный нормативный акт об охране труда.- К.:Основа, 1994.- 312 с.
2. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенков Н.Ф. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.

Практическая работа № 24
Проектирование вентиляции шахт

Цель изучения темы: Ознакомится порядком проектирования вентиляции шахт и расчет расхода воздуха для проветривания шахты

Студенты должны знать: порядок проектирования вентиляции шахт и расчет расхода воздуха для их проветривания

Проект вентиляции на период строительства новой, реконструкции или подготовки горизонтов действующей шахт разрабатывается проектными институтами, проектными конторами, группами шахтостроительных комбинатов (трестов) и производственных объединений. В подготовке исходных данных и выдаче рекомендаций по отдельным вопросам при разработке проектов участвуют геологоразведочные организации, шахты, научно-исследовательские институты и ГВГСС.

В зависимости от способа создания необходимого перепада давления воздуха различают нагнетательный, всасывающий и нагнетательно-всасывающий (комбинированный) способы вентиляции (рис. 24.1).

$$h = p_1 - p_a.$$

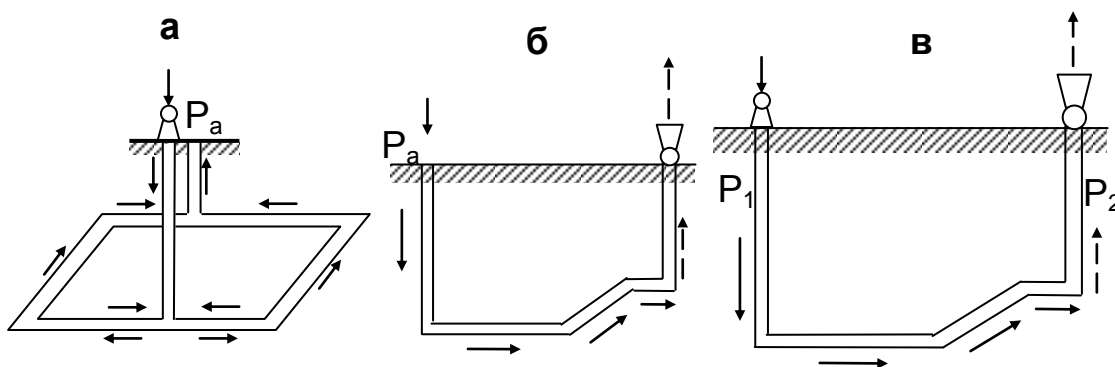


Рисунок 24.1 – Способы вентиляции шахт. а - нагнетательный; б – всасывающий; в – нагнетательно-всасывающий.

Нагнетательный способ вентиляции состоит в том, что перепад давления в шахте создается путем повышения давления воздуха вентилятором в воздухоподающем стволе. За счет механической энергии вентилятора нормальное атмосферное давление воздуха p_a увеличивается на выходе из вентилятора до величины p_1 , а в устье ствола, отводящего воздух на поверхность, оно остается равным атмосферному. Таким образом, в выработках шахты создается перепад давления представляющий собой депрессию шахты, которая определяется формулой

Выбор способа проветривания шахты должен производиться на основе технико-экономического сравнения.

В качестве основного способа проветривания при проектировании вентиляции газовых шахт рекомендуется всасывающий.

Нагнетательный способ проветривания можно применять на негазовых шахтах и на газовых – при метанообильности шахты не более $10\text{м}^3/\text{т}$,
В случае установки вентиляторов на скиповых стволах должны быть разработаны специальные мероприятия по герметизации надшахтных зданий, улавливанию

пыли в них, механизации очистки каналов от пыли, автоматизации контроля заполнения бункеров углем.

При проектировании схемы проветривания шахты необходимо обеспечить:

- устойчивый режим проветривания на весь период эксплуатации шахты;
- минимальное число вентиляционных сооружений в целях снижения утечек воздуха и повышения надежности вентиляции;
- обособленное проветривание главных транспортных выработок, оборудованных ленточными конвейерами, или использование их для отвода исходящих вентиляционных струй.

В зависимости от направления движения воздуха схема проветривания может быть центральной, фланговой и комбинированной.

Наиболее рациональна фланговая схема проветривания. Ее применение позволяет уменьшить депрессию шахты, внешние и внутренние утечки воздуха.

Центральная схема проветривания может применяться лишь при небольшой длине шахтного поля (как правило, до 2 км), метанообильности до 15 м³/т и производственной мощности не более 2000 т/сутки.

Комбинированная схема рекомендуется при проектировании вентиляции реконструируемых шахт.

В каждом конкретном случае выбор способа и схемы проветривания шахты следует производить на основе технико-экономических расчетов одновременно с выбором схемы вскрытия, способа подготовки, системы разработки и порядка отработки пластов в свите.

Расход воздуха для шахты в целом определяется по формуле:

$$Q_{\text{ш}} = 1,1 \cdot \left(\sum Q_{\text{уч}} + \sum Q_{\text{т.в}} + \sum Q_{\text{пог.в}} + \sum Q_{\text{под.в}} + \sum Q_{\text{к}} + \sum Q_{\text{ут}} \right) \quad (24.1)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воздуха по сети горных выработок;

$\sum Q_{\text{уч}}$ - расход воздуха для проветривания выемочных участков, м³/мин;

$\sum Q_{\text{т.в}}$ - расход воздуха, подаваемый к всасам ВМП для обособленного проветривания тупиковых выработок, м³/мин; на газовых шахтах расход воздуха для проветривания тупиковых выработок, проводимых за пределами выемочных участков, кроме выработок, проводимых по негазоносным породам, принимается с учетом обособленного их проветривания;

$\sum Q_{\text{пог.в}}$ - расход воздуха для обособленного проветривания погашаемых выработок, м³/мин;

$\sum Q_{\text{под.в}}$ - расход воздуха для обособленного проветривания подерживаемых выработок, м³/мин;

$\sum Q_{\text{к}}$ - расход воздуха для обособленного проветривания камер, м³/мин;

$\sum Q_{\text{ут}}$ - утечки воздуха через вентиляционные сооружения, расположенные за пределами выемочных участков, м³/мин.

При нескольких вентиляционных установках по формуле (24.1) определяется в соответствии со схемой проветривания расход воздуха по группам выработок (крылу, шахтопласту), проветриваемым отдельными вентиляторами, а общий расход воздуха для шахты рассчитывается как сумма полученных результатов.

Расход воздуха для проветривания шахты, определенный по формуле (24.1), определяется в соответствии со схемой проветривания расхода воздуха по группам выработок (крылу, шахтопласту), проветриваемым отдельными вентиляторами, а общий расход воздуха для шахты рассчитывается как сумма полученных результатов.

Расход воздуха для проветривания шахты, определенный по формуле (24.1), должен удовлетворять при проектировании условию формулы (24.2), а для действующих шахт – (21.3):

$$Q_{\text{ш}} = 133,3 \cdot (\sum \bar{I}_{\text{уч}} + \sum \bar{I}_{\text{т.в}} + \sum \bar{I}_{\text{ст}} + \sum \bar{I}_{\text{о.в}}), \quad (24.2)$$

где $\sum \bar{I}_{\text{уч}}$ - абсолютное среднее газовыделение на выемочных участках, м³/мин;

$\sum \bar{I}_{\text{т.в}}$ - абсолютное среднее газовыделение из обособленно проветриваемых тупиковых выработок, м³/мин;

$\sum \bar{I}_{\text{ст}}$ - абсолютное среднее газовыделение из старых выработанных пространств ранее отработанных этажей и горизонтов, м³/мин;

$\sum \bar{I}_{\text{о.в}}$ - абсолютное среднее газовыделение из погашаемых и поддерживаемых выработок, м³/мин;

$$Q_{\text{ш}} \geq \frac{100 \cdot k_{\text{н.ш}}}{C - C_0} \cdot \sum \bar{I}_{\text{исх}}, \quad (24.3)$$

где $k_{\text{н.ш}}$ - коэффициент неравномерности газовыделения в шахте; для условий шахт Днепровского бурогоугольного бассейна принимается равным 2,3, а для прочих условий – 1,1;

C – допустимая концентрация газа в исходящих из шахты вентиляционных струях, %; принимается согласно ПБ;

C_0 – концентрация газа в атмосферном воздухе на поверхности шахты, %; при расчете по метановыделению принимается равной 0, а при расчете по углекислому газу определяется по данным анализов;

$\sum \bar{I}_{\text{исх}}$ - абсолютное среднее газовыделение в исходящих из шахты вентиляционных струях, м³/мин.

Расход воздуха для проветривания шахты на период строительства определяется по формуле (24.1).

Литература

3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Государственный нормативный акт об охране труда. - К.:Основа, 1994.- 312 с.
4. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Гращенко Н.Ф. Справочник по рудничной вентиляции.- М.:Недра, 1977.- 328 с.

Расчет количества воздуха при вентиляции зданий и помещений

Цель изучения темы: Изучение методики расчета количество воздуха для промышленных зданий и сооружений

Студенты должны знать: Вредности, образующиеся на промышленных предприятиях. Способы вентиляции промышленных зданий и методику расчета их проветривания.

Промышленной вентиляцией называют организованный и регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения загрязненного воздуха и подачу взамен его свежего.

Основной задачей промышленной вентиляции является поддержание в помещениях устойчивого состава воздуха надлежащей чистоты и тепловой эффективности, соответствующих степени тяжести работ. Кроме гигиенических условий, к промышленной вентиляции могут предъявляться специфические требования обеспечения сохранности продуктов, оборудования, строительных конструкций или различных ценностей.

В круг задач промышленной вентиляции входит определение необходимого количества свежего воздуха, способов проветривания, места подвода, обработки воздуха и выбора средств его подачи и отвода.

К вредностям относятся: ядовитые и вредные газы, избыточная влага, пыль и сажа, тепловое и радиоактивное облучение. Эти вредности чаще всего встречаются в различных комбинациях. Расчет необходимого воздухообмена ведется по преобладающей над остальными вредностью.

Состояние здоровья и производительность труда людей зависят не только от наличия в воздухе различных вредностей, но и от метеорологических условий. В комплекс метеорологических условий входят: температура, влажность и скорость движения воздуха. Метеорологические условия должны обеспечивать удаление избытка тепла из организма человека и создавать такие условия среды, чтобы человек, выполняя определённую физическую работу, не ощущал ни холода, ни тепла, т.е. условия труда должны быть комфортными.

При расчёте количества воздуха исходят из наличия вредностей и количества людей, работающих в помещении. Расход воздуха, исходя из числа работающих, определяется по формуле:

$$Q_n = n \cdot q \cdot z \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (25.1)$$

где n – максимальное число находящихся в помещении рабочих в смену;

q – норма воздуха на одного рабочего, $\text{м}^3/\text{ч}$;

z – коэффициент запаса, равный $1,15 \div 1,2$.

Согласно санитарным нормам, величину q принимают не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждого работающего в помещениях с объемом на одного работающего менее 20 м^3 и не менее $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ в помещениях с объемом на одного работающего от 20 до 40 м^3 . В помещениях с объемом на одного работающего больше 40 м^3 предусматривается проветривание путем открывания форточек и окон.

В закрытые производственные помещения, не имеющие окон и вентиляционных фонарей, должно подаваться воздуха на одного работающего не менее $40 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Количество воздуха, необходимого для разжижения вредных примесей до допустимых концентраций, определяется по формуле:

$$Q_{\text{вр}} = \frac{G}{c_2 - c_1}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (25.2)$$

где G - количество вредностей, поступающих в воздух помещения от всех источников, $\text{г}/\text{м}^3$;

$$G = (n_2 - n_1) \cdot V, \text{ г}/\text{ч}; \quad (25.3)$$

c_1 - содержание вредностей в чистом воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

c_2 - предельно допустимое содержание вредности в воздухе рабочего помещения, $\text{г}/\text{м}^3$;

n_1 - концентрация вредностей в приточном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

n_2 - концентрация вредностей в отработанном воздухе, $\text{г}/\text{м}^3$;

V - часовой объем подаваемого в помещение воздуха.

Количество воздуха, необходимого для удаления избытка тепла, определяется по формуле:

$$Q = \frac{B}{c \cdot \gamma \cdot (t_2 - t_1)}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (25.4)$$

где B - избыток тепла, $\text{ккал}/\text{ч}$;

t_2 - температура удаляемого воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

t_1 - температура приточного воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

γ - удельный вес приточного воздуха $\text{кг}/\text{м}^3$;

c - $0,24$ - теплоемкость воздуха, $\text{ккал}/\text{кг} \cdot \text{град}$.

Количество воздуха, отсасываемого из-под укрытий, определяется по формулам:

а) при наличии зонта

$$Q_3 = 3600 \cdot v_3 \cdot F \cdot Q_{\text{вр}}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (25.5)$$

где F - площадь нижнего сечения зонта, м^2 ;

v_3 - скорость движения воздуха в нижнем сечении зонта, $\text{м}/\text{сек}$.

Принимается: при открытом со всех сторон зонте $v_3 = 1,05 \div 1,25 \text{ м}/\text{сек}$; с трех сторон $v_3 = 0,9 \div 1,05 \text{ м}/\text{сек}$; с двух сторон $v_3 = 0,75 \div 0,9 \text{ м}/\text{сек}$;

б) при наличии кожуха

$$Q_k = 3600 \cdot v \cdot \sum_1^n S \cdot Z + Q_{\text{вр}}, \quad (25.6)$$

где v - скорость воздуха в сечении всасывающих отверстий укрытия, $\text{м}/\text{сек}$;

$\sum_1^n S$ – суммарная площадь всех отверстий в укрытии, м²;

Z- коэффициент запаса, учитывающий неплотности укрытия;

Z=1,1÷1,5;

Q_{вр} - объем выделяющихся вредностей, м³/ч.

При проектировании вентиляции производственных помещений, когда определить количество вредностей затруднительно, пользуются коэффициентом кратности воздухообмена

$$K = \frac{V_{\text{вент}}}{V_{\text{пом}}}, \quad (25.7)$$

где V_{пом} – объем помещения, подлежащего проветриванию, м³;

V_{вент} – объем воздуха, необходимого для воздухообмена, м³/ч.

Приняв по нормам соответствующую кратность воздухообмена в час, определяют количество воздуха, необходимого для проветривания рабочего помещения:

$$Q = K \cdot V_{\text{пом}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (25.8)$$

Литература

3. Кирин Б.Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1983.- 256 с.
4. Милетич А.Ф., Яровой И.М., Бойко В.А.Рудничная и промышленная аэрология.- М.:Недра, 1972.- 248 с.

**МИНИСТЕРСТВА ВЫСШЕГО И СРЕДНЕСПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ГОРНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»



Методические указания по составлению курсового проекта

По предмету

Теоретические основы аэрология шахт и рудников

НАВОЙ – 2016

**НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

Хахимов Шодибой Ихматуллаевич

*Методические указания
и задания для контрольных работ и курсового проектирования
для магистрантов специальности 5А 311601– “Подземная разработка
месторождений полезных ископаемых”*

Навои - 2016

Хахимов Ш. И. Методическое указание по выполнению курсового проекта по дисциплине «Теоретические основы аэрология шахт и рудников» - Навоий, изд. НГГИ. 2015, с.32.

Методическая указания и задания для курсового проектирования по дисциплине «Теоретические основы аэрология шахт и рудников» составлена в соответствии с типовой и рабочей программы данной дисциплины и предназначена для магистрантов по специальности 5А 311601 – “Подземная разработка месторождений полезных ископаемых”, а также Государственным образовательным стандартом базового высшего профессионального образования.

Рецензенты:

Содержание

Введение.....	5
1. Выбор схемы проветривания.....	6
2. Расчет необходимое количество свежего воздуха подаваемого на забой и необходимого для разжижения и выноса вредных газов.....	7
2.1. Расчёт подачи свежего воздуха для разжижения вредных газов от взрывных работ при комбинированным способе проветривания.....	7
2.2. Выбор типа и диаметра вентиляционного трубопровода.....	9
2.3. Выбор типа и диаметра вентиляционного трубопровода...	10
2.4. Выбор типа вентиляторов.....	14
2.5. Составление паспорта проветривания.....	18
3. Список литературы.....	23
4. Бланк задания.....	24
5. Исходные данные для выполнения курсового проекта....	25

Введение

За последние годы горнодобывающая промышленность во всех странах мира подверглась коренной реконструкции на базе широкого технического перевооружения ее в направлении комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов, внедрения современной вычислительной техники.

Одновременно с увеличением размеров шахтных полей увеличивается глубина современных шахт, их газообильность, температура горных пород и интенсивность пылеобразования. В связи с этим проветривание шахт и кондиционирование воздуха в подземных выработках усложняется и значение рудничной вентиляции возрастает.

Жизнь, здоровье и производительность труда работников, занятых в производственных процессах, в значительной степени зависят от атмосферных условий в выработках рудников и шахт, т.е. от состояния их проветривания. Поэтому вентиляция занимает и будет занимать весьма ответственное место для обеспечения всех производственных процессов в шахтах.

Непосредственным предметом изучения данного курса являются химический состав и физико-химические свойства рудничного воздуха, источники выделения газа в выработки и методы борьбы с ними, свойства рудничной пыли и меры по снижению запыленности рудничной атмосферы, законы движения воздуха в выработках и их аэродинамическое сопротивление, регулирование и распределение воздуха в вентиляционной сети шахты. Рассматриваются также вопросы, связанные с автоматизацией и проектированием проветривания шахт.

Цель преподавания курса – Будущие магистры горной специальности должны знать технику проветривания рудников и шахт, уметь производить инженерные расчеты по вентиляции. Они должны хорошо знать свойства рудничных газов и иметь отчетливое представление о процессах их образования, выделения и перемещения по подземным выработкам, а также о процессах теплообмена и пылеобразования. Только при этих условиях они смогут успешно руководить современной шахтой, обеспечивать надлежащие атмосферные условия для работы шахтеров, быстро и правильно ориентироваться в постоянно меняющихся условиях в шахте.

Основной целью преподавания и задачей дисциплины является дать студентам теоретические основы аэрология шахт и рудников, формировать знаний и умений у студентов навыков в области проветривания шахт и рудников.

6. Выбор схемы проветривания

Основной задачей проветривания тупиковых выработок является поддержание установленных Правилами безопасности параметров рудничной атмосферы. Исходя из горнотехнических и горно-геологических условий данного штрека, наиболее приемлемым будет являться комбинированный способ проветривания (выработка не опасна по газу и пыли). Комбинированный способ проветривания рекомендуется Правилами безопасности как основной. Его используют в выработках протяжённостью более 300 м. Комбинированный способ проветривания тупиковых выработок представляет собой сочетание нагнетательного и всасывающего способов. Он позволяет до максимума сократить время удаления газов и особенно целесообразен для проветривания протяжённых выработок большой площадью сечения, а также при скоростных проходках.

Основным недостатком этого способа в обычных условиях является наличие двух вентиляторных установок. Необходимость регулирования режимов их работы и увеличение эксплуатационных затрат.

Учитывая то, что заданная горная выработка имеет большую протяжённость (900м), площадь поперечного сечения – 6,8 м², и неопасна по газу и пыли, принимаем комбинированный способ проветривания. При его использовании по всей длине трубопровода прокладывается только всасывающий трубопровод, а в призабойной части выработки – трубопровод, по которому в рабочую зону подается воздух из незагрязненной части выработки.

Нагнетательный вентилятор устанавливается в штреке и должен располагаться от забоя выработки на расстоянии не менее длины зоны отброса газов $L_{з.о.}$.

Найдём длину зоны отброса газов по формуле:
$$L_{з.о.} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot A}{\rho \cdot l_{ц} \cdot \sqrt{S_{св}}}, \text{ где}$$

A - количество одновременно взрываемого ВВ, кг (109,25 кг);

$S_{св}$ - площадь поперечного сечения выработки в свету, м² (6,8 м²);

$l_{ц}$ - подвигание забоя за один цикл, м (2,72 м);

ρ - плотность горной породы, кг/м³ (2600 кг/м³).

$$L_{з.о.} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot A}{\rho \cdot l_{ц} \cdot \sqrt{S_{св}}} = \frac{2 \cdot 10^4 \cdot 109,25}{2600 \cdot 2,72 \cdot \sqrt{6,8}} = 118,48 \text{ м} \approx 119 \text{ м}$$

По Правилам безопасности отставание трубопровода от забоя допускается в горизонтальной выработке не более чем на 10 м. Исходя из этого, длина нагнетательного трубопровода будет равна $L_T = 119 - 10 = 109 \text{ м}$.

Всасывающий вентилятор монтируется в выработке, проветриваемой за счёт общешахтной депрессии. Принимаем длину всасывающего трубопровода 890 м,

так как всасывающий трубопровод устанавливается на расстоянии не менее 18÷20 м от забоя, а всасывающий вентилятор должен располагаться не ближе чем в 10 м от устья выработки во избежание подсосывания загрязнённого воздуха.

2. Расчет необходимого количество свежего воздуха подаваемого на забой и необходимого для разжижения и выноса вредных газов

На основании исходных данных и Правил безопасности подача свежего воздуха в забой рассчитывается по углекислому газу, по газам от взрывных работ, вредным компонентам выхлопных газов от применяемого оборудования с двигателями внутреннего сгорания, по пыли и наибольшему числу одновременно работающих в выработке людей. Подача воздуха для уменьшения концентрации в выработке вредных газов определяется по формуле:

$$Q_3 = \frac{100 \cdot Q_G}{C_H - C_O} = \frac{100 \cdot 0,6}{0,5 - 0,1} = 150 \text{ м}^3 / \text{мин} = 2,5 \text{ м}^3 / \text{сек} , \text{ где}$$

Q_G - фактическое выделение газа в выработке, м³/мин;

C_H - предельно – допустимая по ПБ концентрация газа в воздухе выработки, %;

C_O - содержание газа в свежей струе, поступающей в выработку, %.

Содержание углекислого газа в свежей струе, поступающей в выработку, не должно превышать 0,3 ПДК. При появлении в выработке углекислого газа, когда суммарная интенсивность его выделения в призабойном пространстве превышает 0,6 м³/мин штрек в состав которой входит эта выработка, должна переводиться на газовый режим.

2.1. Расчёт подачи свежего воздуха для разжижения вредных газов от взрывных работ при комбинированном способе проветривания:

2.1.1. Количество воздуха необходимого для проветривания (подаваемое в забой), исходя из разбавления газов после взрывных работ по сухим породам, по формуле В.И. Воронина для нагнетательного вентилятора:

$$Q_3 = \frac{2,3}{t} \cdot \sqrt[3]{A \cdot S^2 \cdot L_{3.o}^2 \cdot b_\phi} = \frac{2,3}{1800} \cdot \sqrt[3]{109,25 \cdot 6,8^2 \cdot 119^2 \cdot 40} = 1,814 \text{ м}^3 / \text{сек} = 108,84 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

$L_{3.o}$ - длина зоны отброса газов при взрыве, равная 119 м;

b_ϕ - фактическая величина газовости ВВ, т.е. объём условной окиси углерода,

выделяемой при взрыве 1 кг ВВ, л/кг (40 л/кг);

t продолжительность проветривания, мин (в соответствии с ПБ $t \leq 30 \text{ мин}$, $t \leq 1800 \text{ сек.}$).

$A = 109,25 \text{ кг}$ - масса ВВ, взрываемого в одном цикле проходки;

S - площадь поперечного сечения выработки в свету.

2.1.2. *Количество воздуха, удаляемого из забоя всасывающим вентилятором при отсутствии перемычки на границе зоны отброса газов*

$$Q_{з.вс} = 1,3 \cdot Q_з = 1,3 \cdot 1,814 = 2,36 \text{ м}^3 / \text{сек} = 141,5 \text{ м}^3 / \text{мин}$$

2.1.3. *Проверяем полученное значение $Q_{з.вс}$ на допустимую скорость движения воздушной струи по выработке:*

$$V_в = \frac{Q_{з.вс.}}{S_{св}} = \frac{2,36}{6,8} = 0,347 \text{ м/с};$$

Для эффективного выноса пыли из выработки, скорость движения воздушной струи по штреку лежит в допустимых пределах $0,3 \text{ м/с} < V_в < 6 \text{ м/с}$.

2.1.4. *Определим количество воздуха исходя из минимальной скорости движения воздуха.*

$$Q_з = 0,3 \cdot 60 \cdot S_{св} = 0,3 \cdot 60 \cdot 6,8 = 122,4 \text{ м}^3 / \text{мин} = 2 \text{ м}^3 / \text{сек}$$

2.1.5. *Количество воздуха по числу людей одновременно работающих в забое.*

Если в выработке не ведутся работы, связанные с пылеобразованием и отсутствуют другие вредные вещества, подача воздуха должна составлять не менее $6 \text{ м}^3 / \text{мин}$ на каждого человека, считая по наибольшему числу людей в выработке:

$$Q_з = 6 \cdot N_{\text{люд}} = 6 \cdot 5 = 30 \text{ м}^3 / \text{мин} = 0,5 \text{ м}^3 / \text{с},$$

$N_{\text{люд}} = 5_{\text{чел.}}$ - количество людей в забое.

Таким образом, для дальнейших расчётов принимаем количество воздуха на забой, исходя из условия минимальной скорости движения воздуха

$$Q_з = 122,4 \text{ м}^3 / \text{мин} = 2 \text{ м}^3 / \text{сек}$$

Количество воздуха, удаляемого из забоя всасывающим вентилятором, при отсутствии перемычки на границе зоны отброса газов (во

ние рециркуляции воздуха):

$$Q_{з.вс} = 1,3 \cdot Q_3 = 1,3 \cdot 122,4 = 159,12 \text{ м}^3 / \text{мин} = 2,65 \text{ м}^3 / \text{сек}$$

2.2. Выбор типа и диаметра вентиляционного трубопровода.

Тип вентиляционных труб должен соответствовать площади поперечного сечения и длине выработки. Диаметр вентиляционных труб выбирается из расчёта, чтобы скорость движения воздушной струи по трубопроводу не превышала 20 м/с.. Для нагнетательного вентилятора применяем текстильные гибкие вентиляционные трубы. Их главное достоинство – небольшая масса и невысокое аэродинамическое сопротивление.

Принимаем для нагнетательного вентилятора трубы из синтетической ткани (тип МУ) диаметром 0,4 м. У гибкого трубопровода отсутствуют швы, вмонтированы специальные крючки, с помощью которых он сшивается к протянутому вдоль выработки тросу.

$$V_{н.тр.} = \frac{4 \cdot Q_{з.н.}}{\pi \cdot d_{тр.}^2} = \frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,4^2} = 15,9 \text{ м/с}$$

Скорость движения воздуха по трубопроводам удовлетворяет требованиям безопасности $V_{н.тр.} \leq 20 \text{ м/с}$

Техническая характеристика гибких труб

Диаметр, м	0,4
Тип	МУ
Тканевая основа	Чеффер
Покрытие	Двустороннее негорючей резиной
Масса 1 м трубы, кг	1,6
Длина, м	10
Коэффициент аэродинамического сопротивления, $\text{Нс}^2/\text{м}^4$	0,0025

Для всасывающего вентилятора принимаем металлические вентиляционные трубы. Учитывая длину всасывающего трубопровода, для приведения аэродинамического сопротивления в оптимальный предел значений принимаем диаметр всасывающего трубопровода равным 0,6 м.

$$V_{вс.тр.} = \frac{4 \cdot Q_{з.н.}}{\pi \cdot d_{тр.}^2} = \frac{4 \cdot 2,65}{3,14 \cdot 0,6^2} = 9,37 \text{ м/с}$$

Скорость движения воздуха по трубопроводам удовлетворяет требованиям безопасности $V_{вс.тр.} \leq 20 м/с$

Техническая характеристика металлических труб

Диаметр, м	0,6
Материал	металл
Длина звена, м	10
Масса 1 м трубы, кг	35,7
Коэффициент аэродинамического сопротивления, $Нс^2/м^4$	0,0030

Расстояние от конца нагнетательного трубопровода до забоя должно быть не более:

$$\ell_3^n < 4 \cdot \sqrt{S} = 4 \cdot \sqrt{6,8} = 10,43 м \approx 10 м$$

Расстояние от конца всасывающего трубопровода принимаем: $\ell_3^{вс} = 20 м$.

Для стыковки гибких труб друг с другом в их концы вмонтированы стальные разрезные пружинящие кольца. Для соединения соседних звеньев пружинное кольцо одного звена сжимают и вводят внутрь другого. При включении вентилятора стык самоуплотняется.

2.3. Расчёт аэродинамических параметров трубопроводов.

Проветривание проектируемой горной выработки при её проведении осуществляется с помощью вентиляторов местного проветривания.

Аэродинамическими параметрами трубопровода являются аэродинамическое сопротивление, воздухопроницаемость и депрессия. По трубам воздух движется за счет разности давлений у их концов, которая затрачивается на преодоление сопротивлений, оказываемых ими. Аэродинамическое сопротивление трубопровода при любой форме его сечения определяется по формуле:

$$R = \frac{6,48 \cdot \alpha \cdot L_T}{d_T^5}, \text{ где}$$

α - коэффициент аэродинамического сопротивления, $Н \cdot с^2 / м^8$;

L_T - длина трубопровода, м;

d_T - диаметр трубопровода, м.

2.3.1. Найдём аэродинамическое сопротивление трубопровода:

- для всасывающего вентилятора:

$$R_{T1} = \frac{6,48 \cdot \alpha^{6c} \cdot L_T^{6c}}{d_T^{6c5}} = \frac{6,48 \cdot 0,003 \cdot 890}{0,6^5} = 222,5 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8, \text{ где}$$

$\alpha^{6c} = 0,0030 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$ - коэффициент аэродинамического сопротивления;

$d_T^{6c} = 0,6 \text{ м}$ - диаметр вентиляционной трубы для всасывающего вентилятора.

- для нагнетательного вентилятора:

$$R_{T2} = \frac{6,48 \cdot \alpha^n \cdot L_T^n}{d_T^{n5}} = \frac{6,48 \cdot 0,0025 \cdot 109}{0,4^5} = 172,44 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$$

$\alpha^n = 0,0025 \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$ - коэффициент аэродинамического сопротивления;

$d_T^n = 0,4 \text{ м}$ - диаметр вентиляционной трубы для нагнетательного вентилятора.

2.3.2. Найдём воздухопроницаемость трубопроводов:

- коэффициент подсосов для всасывающего трубопровода:

$$k_y = \left(0,1 \cdot k_{II} \cdot d_T \cdot \frac{L_T}{\ell_T} \cdot \sqrt{R_{T1}} + 1 \right)^2 = \left(0,1 \cdot 0,002 \cdot 0,6 \cdot \frac{890}{10} \cdot \sqrt{222,5} + 1 \right)^2 = 1,344, \text{ где}$$

$k_{II} = 0,002$ - коэффициент, характеризующий плотность соединения звеньев трубопровода (при хорошем качестве сборки).

$\ell_T = 10 \text{ м}$ - длина одной трубы, м;

$L_T = 890 \text{ м}$ - длина всасывающего трубопровода, м;

$d_T = 0,6$ - диаметр труб, м;

$R_T = 222,5$ - аэродинамическое сопротивление трубопровода $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$;

- коэффициент утечек для нагнетательного трубопровода:

$$k_y = \left(0,1 \cdot k_{II} \cdot d_T \cdot \frac{L_T}{\ell_T} \cdot \sqrt{R_{T1}} + 1 \right)^2 = \left(0,1 \cdot 0,0016 \cdot 0,4 \cdot \frac{109}{10} \cdot \sqrt{172,44} + 1 \right)^2 = 1,018, \text{ где}$$

$k_{II} = 0,0016$ - коэффициент, характеризующий плотность соединения звеньев трубопровода.

$\ell_T = 10 \text{ м}$ - длина одной трубы, м;

$L_T = 109 \text{ м}$ - длина всасывающего трубопровода, м;

$d_T = 0,4$ - диаметр труб, м;

$R_T = 172,44$ - аэродинамическое сопротивление трубопровода $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$;

2.3.3. Депрессия вентиляционных трубопроводов:

Общая депрессия, которую должен преодолеть вентилятор:

$$h_{TP} = h_{CT} + h_M + h_D, \text{ где}$$

h_{CT} - статическая депрессия, Па;

h_M - депрессия за счёт местных сопротивлений (уменьшение диаметра, повороты

трубопровода), Па;

h_D - динамическая депрессия, Па.

Под депрессией вентиляционного трубопровода понимаются потери напора.

Статическая депрессия трубопровода (статистический напор вентиляторов):

$$h^{cm} = k_y \cdot Q^2 \cdot R, \text{ где}$$

k_y - коэффициент воздухопроницаемости трубопровода;

Q - необходимая подача свежего воздуха, м³/с.

R - аэродинамическое сопротивление трубопровода.

Депрессия вентилятора, необходимая для преодоления сопротивления трубопровода определяется по формуле:

- для всасывающего трубопровода

$$h_{вс}^{cm} = k_{y.вс.} \cdot R_{T1} \cdot Q_{вс}^2 = 1,344 \cdot 222,5 \cdot 2,65^2 = 2099,9 \text{ Па}$$

- для нагнетательного трубопровода

$$h_n^{cm} = k_{y.n.} \cdot R_{T1} \cdot Q_n^2 = 1,018 \cdot 172,44 \cdot 2,0^2 = 702,17 \text{ Па}$$

В действительности, в трубопроводе из-за утечек расход воздуха по длине трубопровода непостоянен, поэтому при расчёте мы пользовались среднегеометрическим значением.

Депрессия на преодоление местных сопротивлений в гибком трубопроводе – зависит от степени турбулентности воздушного потока и количества стыков между отдельными звеньями:

$$h_M = n \cdot \xi \cdot V_{TP}^2 \cdot \rho / 2, \text{ где}$$

n - число стыков по всей длине трубопровода;

ξ - коэффициент местного сопротивления одного стыка;

V_{TP} - скорость движения воздуха в трубопроводе, м/с;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

Приблизённо депрессия на преодоление местных сопротивлений в гибком трубопроводе может приниматься равной 20% от статической депрессии:

$$h_{м.н.} = 0,2 \cdot h_n^{cm} = 0,2 \cdot 702,17 = 140,4 \text{ Па}$$

В металлическом трубопроводе депрессия на преодоление сопротивлений на стыках невелика, и ею можно пренебречь.

Динамическая депрессия гибких трубопроводов:

$$h_d = V_{CP. TP.}^2 \cdot \rho / 2, \text{ где}$$

$V_{CP. TP.}$ - средняя скорость движения воздуха в трубопроводе на прямолинейном участке;

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

- для всасывающего трубопровода:

$$h_d = 9,37^2 \cdot 1,222 / 2 = 53,64 \text{ Па}$$

- для нагнетательного трубопровода:

$$h_d = 15,9^2 \cdot 1,222 / 2 = 154,46 \text{ Па}$$

Теперь подсчитаем общую депрессию для всасывающего и нагнетательного трубопровода:

- для всасывающего трубопровода:

$$h_{TP. BC} = 2099,9 + 53,64 = 2153,63 \text{ Па}$$

- для нагнетательного трубопровода:

$$h_{TP. H} = 702,17 + 140,4 + 154,46 = 997,03 \text{ Па}$$

Необходимая производительность вентиляторов:

- для всасывающего трубопровода

$$h_{вс}^{cm} = k_{y. вс.} \cdot Q_{вс} = 1,344 \cdot 2,65 = 3,56 \text{ м}^3 / \text{с} = 213,69 \text{ м}^3 / \text{мин}, \text{ где}$$

$k_y = 1,344$ - коэффициент воздухопроницаемости всасывающего трубопровода;

$Q_n = 2,65 \text{ м}^3 / \text{с}$ - наибольшая подача воздуха в забой, с учётом различных факторов.

- для нагнетательного трубопровода

$$h_n^{cm} = k_{y. н.} \cdot Q_n = 1,018 \cdot 2,0 = 2,03 \text{ м}^3 / \text{с} = 122,16 \text{ м}^3 / \text{мин}, \text{ где}$$

$k_y = 1,018$ - коэффициент воздухопроницаемости нагнетательного трубопровода;

$Q_n = 2,0 \text{ м}^3 / \text{с}$ - наибольшая подача воздуха в забой, с учётом различных факторов.

2.4. Выбор типа вентиляторов.

Производительность вентиляторов определяем с учётом количества воздуха, необходимого для проветривания выработок, и коэффициента воздухопроницаемости.

2.4.1. Выбор типа нагнетательного вентилятора.

Нагнетательный вентилятор располагается не дальше 119 метров от забоя. Длина нагнетательного трубопровода 109 метров. Депрессия нагнетательного трубопровода 997,03 Па. Необходимая производительность вентилятора 122,16 м³/мин. Поэтому принимаем осевой вентилятор местного проветривания с электроприводом ВМ-4М.

Показатель	Единицы измерения	Значение
Номинальный диаметр трубопровода	мм	400
Диаметр рабочего колеса	мм	398
Подача: - оптимальная - в рабочей зоне	м ³ /мин	114 48 - 156
Полное давление: - оптимальное - в рабочей зоне	Па	1300 700 - 1450
Максимальный полный К.П.Д. - вентилятора - агрегата		0,72 0,61
Потребляемая мощность в рабочей области	кВт	2,8 – 3,8
Уровень шума в рабочей области без глушителя на расстоянии 2 м. от всоса	дБ	82 - 88
Масса агрегата	кг	140
Размеры: длина	мм	740

ширина		550
высота		560
Электродвигатель		ВАОМ32-2
Напряжение	В	380/660

Это означает, что вентилятор ВМ-5М создавая оптимальный напор равный 114 м³/мин, равный оптимальной депрессии 1300 Па, обеспечивает подачу необходимого количества воздуха 122,16 м³/мин, при депрессии 997,03 Па.

2.4.2. Выбор типа всасывающего вентилятора.

Всасывающий вентилятор располагается не дальше 910 метров от забоя. Длина всасывающего трубопровода 890 метров. Депрессия всасывающего трубопровода 2153,63 Па. Необходимая производительность вентилятора 213,69 м³/мин. Поэтому принимаем осевой вентилятор с электроприводом ВМ-6М.

Показатель	Единицы измерения	Значение
Номинальный диаметр трубопровода	мм	600
Диаметр рабочего колеса	мм	595
Подача: - оптимальная - в рабочей зоне	м ³ /мин	342 138 - 480
Полное давление: - оптимальное - в рабочей зоне	Па	2600 750 - 3400
Максимальный полный К.П.Д. - вентилятора - агрегата		0,76 0,68
Потребляемая мощность в рабочей области	кВт	10 – 22,5
Уровень шума в рабочей области без глушителя на расстоянии 2 м. от всоса	дБ	100 - 110

Масса агрегата	кг	350
Размеры:		
длина	мм	1050
ширина		730
высота		750
Электродвигатель		ВАОМ62-2
Напряжение	В	380/660

Это означает, что вентилятор ВМ-6М создавая оптимальный напор равный 342 м³/мин, равный оптимальной депрессии 2600 Па, обеспечивает подачу необходимого количества воздуха 213,69 м³/мин, при депрессии 2153,63 Па.

2.4.3. Определение необходимого числа вентиляторов.

Потребное количество вентиляторов для проветривания всей выработки рассчитывается по уравнению:

- всасывающий вентилятор:

$$n = \frac{h_{ТР.ВС}}{0,85 \cdot h_{вс.вент.}} = \frac{2153,63}{0,85 \cdot 2600} = 0,97 \approx 1шт., \text{ где}$$

$h_{ТР.ВС} = 2153,63$ - депрессия всасывающего трубопровода;

$h_{вс.вент.} = 2600 \text{ Па}$ - оптимальное давление вентилятора, Па.

- нагнетательный вентилятор:

$$n = \frac{h_{ТР.Н}}{0,85 \cdot h_{Н.вент.}} = \frac{997,03}{0,85 \cdot 1300} = 0,9 \approx 1шт., \text{ где}$$

$h_{ТР.Н} = 997,03$ - депрессия всасывающего трубопровода;

$h_{Н.вент.} = 1300 \text{ Па}$ - оптимальное давление вентилятора, Па.

Коэффициент 0,85 в формуле вводится для того, чтобы исключить возможность образования зон разрежения в трубопроводе.

Проверочный расчёт мощности потребляемой электродвигателем привода вентилятора ВМ-6М:

$$P = \frac{Q_{з.вс} \cdot h_{ТР.ВС}}{1000 \cdot \eta} = \frac{2,65 \cdot 2153,63}{1000 \cdot 0,76} = 7,5 \text{ кВт}$$

Проверочный расчёт мощности потребляемой электродвигателем привода вентилятора ВМ-4М

$$P = \frac{Q_3 \cdot h_{ТР.Н}}{1000 \cdot \eta} = \frac{2,0 \cdot 997,03}{1000 \cdot 0,72} = 2,77 \text{ кВт}$$

По произведенным расчетам мощности видно, что тип и марка вентилятора выбраны правильно, а установленные на вентиляторах двигатели обеспечивают их нормальную работу.

2.5. Составление паспорта проветривания.

Проветривание горизонтальных горных выработок, их проведение осуществляется в соответствии с паспортом проветривания. Паспорт проветривания составляется руководителем горных работ и утверждается главным инженером экспедиции или партии.

Все работающие в выработке должны быть ознакомлены с паспортом под роспись.

В текстовой части паспорта 6 разделов:

Первый раздел: Характеристика выработки.

- наименование выработки..... штрек
- глубина заложения от поверхности..... 300м
- площадь поперечного сечения в свет..... 6,8м²
- длина проветриваемой выработки..... 900м

Второй раздел: Характеристика системы проветривания.

10.Способ проветривания – комбинированный.

11.Расход воздуха поступающего к забою ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q \geq 1,43 \cdot Q_{з.вс} = 1,43 \cdot 2,65 = 3,79 \text{ м}^3/\text{с}, \text{ где}$$

$Q_{з.вс}$ - производительность всасывающего вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$.

12.Производительность вентилятора, работающего на нагнетание ($\text{м}^3/\text{с}$)

$$Q_з = 122,4 \text{ м}^3/\text{мин} = 2,04 \text{ м}^3/\text{сек}$$

13.Производительность вентилятора, работающего на всасывание ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q_{з.вс} = 159,12 \text{ м}^3/\text{мин} = 2,65 \text{ м}^3/\text{сек}$$

14.Средняя скорость воздушного потока в выработке в 25 метрах от забоя ($\text{м}^3/\text{с}$).

Количество воздуха, проходящего по выработке в 25 метрах от забоя ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q = Q - Q_з = 3,79 - 2,04 = 1,75 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Скорость движения воздуха в 25 метрах от забоя:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{1,75}{6,8} = 0,257 \text{ м}/\text{с}, \text{ где}$$

$S = 6,8 \text{ м}^2$ - площадь поперечного сечения выработки в свету.

15.Количество вентиляторов в системе проветривания – 2 шт.

16.Общая мощность вентиляторов, кВт:

$$N_{\text{общ}} = N_n + N_{вс} = 2,77 + 7,5 = 10,27 \text{ кВт}, \text{ где}$$

$N_n = 2,77 \text{ кВт}$ - мощность вентилятора, работающего на нагнетание;

$N_{вс} = 7,5 \text{ кВт}$ - мощность вентилятора, работающего на всас.

17.Максимальный расход взрывчатых веществ ($\text{кг}/\text{м}^3$):

$$Q_{ВВ} = \frac{q_{ц}}{V} = \frac{109,25}{10,88} = 10 \text{ кг}/\text{м}^3, \text{ где}$$

$q_{ц} = 109,25 \text{ кг}$ - расход ВВ на один цикл;

$V = S \cdot 1,6 = 6,8 \cdot 1,6 = 10,88 \text{ м}^3$ - объём взорванной породы за цикл.

18.Время проветривания после взрыва ВВ, по истечению которого в забой допускаются люди, мин:

$$t = 30 \text{ минут}$$

Третий раздел: Характеристика вентиляционных трубопроводов.

6. Назначение трубопровода:
 - для подачи воздуха нагнетательным вентилятором;
 - для подачи воздуха всасывающим вентилятором.
7. Материал вентиляционных труб:
 - для нагнетательного трубопровода - МУ;
 - для всасывающего трубопровода - листовая сталь.
8. Диаметр вентиляционных труб, м:
 - гибкие - 400 мм;
 - металлические - 600 мм.
9. Способ соединения звеньев:
 - гибкие - пружинящими стальными кольцами;
 - металлические - фланцевым болтовым соединением с прокладкой в стыке.
10. Способ подвески трубопроводов в выработке:
 - гибкие к тросу, протянутому по выработке;
 - металлические - при помощи подвесок.

Четвёртый раздел: Характеристика вентиляторов.

8. Марка вентиляторов:
 - работающего на нагнетание - ВМ-4М;
 - работающего на всас - ВМ-6М.
9. Производительность (при проектной протяжённости), м³/с:
 - работающего на нагнетание - 2 м³/с;
 - работающего на всас - 2,65 м³/с.
10. Депрессия при проектной протяжённости (Па)
 - работающего на нагнетание - 997,03 Па;
 - работающего на всас - 2153,63 Па.
11. Диаметр рабочего колеса, мм:
 - ВМ – 4М – 398 мм;

- ВМ – 6М – 595 мм.

12. Мощность электродвигателя:

- ВМ – 4М – 4 кВт;

- ВМ – 6М – 24 кВт.

13. Габаритные размеры:

- ВМ – 4М, длина 740 мм, ширина – 550 мм, высота – 560 мм;

- ВМ – 6М, длина 1050 мм, ширина – 730 мм, высота – 750 мм

14. Масса вентиляторов:

- ВМ – 4М – 140 кг;

- ВМ – 6М – 350 кг.

Пятый раздел: Режим работы системы в случае пожара.

(излагаются мероприятия согласно плану ликвидации аварии)

Шестой раздел: Дополнительные сведения о средствах и способах проветривания и борьбы с запылённостью воздуха в призабойном пространстве.

5. Интенсивная вентиляция.

6. Бурение шпуров с промывкой водой.

7. Орошение водой поверхности призабойного пространства выработки (длиной 20 метров) перед вымыванием. Поверхность выработки орошать за 30 минут до взрывания. Расход воды на 1 м² выработки 1,5 – 1,8 л.

8. Для подавления пылегазового облака при ведении взрывных работ устанавливать водяные завесы в 20 м от забоя. Для создания водяных завес используются два конусных туманообразователя ТК – 1.

Техническая характеристика ТК – 1

Расход воды, л/мин.....	23÷43
Расход воздуха, м ³ /мин.....	1,2÷3,4
Диаметр оросительного факела, м	2,5
Угол раствора факела, градус	90
Дальнобойность, м	
- активная.....	8

- максимальная.....13

- масса, кг0,72

1. Орошение водой взорванной породы до и во время погрузки при помощи механических разбрызгивателей.
2. Использование средств индивидуальной защиты – респираторов.

В графической части паспорта проветривания схемой проветривания на плане выработки в масштабе 1:1000 и поперечный разрез выработки в масштабе 1:50.

Даются также эскизы монтажа вентилятора и способы подвески трубопроводов.

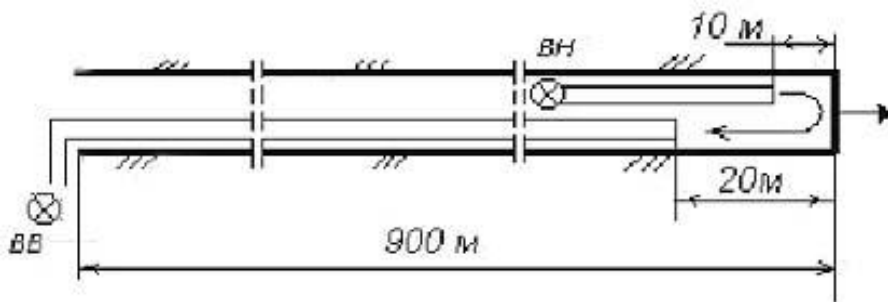


Схема расположения вентиляционного оборудования в проектируемой выработке
ВН - нагнетающий вентилятор,
ВВ-всасывающий вентилятор

3. Список литературы

22. Каледина Н. О. Вентиляция производственных объектов. М.:МГГУ, 2001, 194 с.
23. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Коликов К.С. Проблемы шахтного метана. - М.:МГГУ, 2002, 410 с.
24. Под редакцией Ушакова К.З. Безопасность жизнедеятельности. - М.: МГГУ, 2005, 430 с.
25. Ушаков К.З., Каледина Н. О., Кирин Б. Ф. и др. Безопасность ведения горных работ и горноспасательные дело. -2-е изд., М.: МГГУ, 2002- 487 с.
26. Скопинцева О. В. Методические указания для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине “Аэрология горных предприятий”. М.: МГГУ, 2004, -36 с.
27. Порцевский А. К., Комаров Е. И. Вентиляция шахт. Аэрология карьеров. Учебное пособие. М.: МГОУ, 2004, -49 с.(1 издание)

НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «ГОРНОЕ ДЕЛО»

ЗАДАНИЕ № _____

«Утверждаю»
Зав. кафедрой «Горное дело»
_____ Тухташев А.Б. .
« _____ » _____ 2016 г.

На выполнение курсового проекта по дисциплине
«Теоретические основы аэрология шахт и рудников»

Студент(ка)а _____ группы _____
Руководитель проекта _____

Тема проекта: **Выбор способа и схемы проветривания тупиковых выработок**

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Название выработки Название выработки _____
2. Глубина заложения выработки Глубина заложения выработки _____
3. Длина выработки _____
4. Средняя плотность горных пород вышележащей толщи _____
5. Коэффициент Пуассона _____
6. Сечение выработки Сечение выработки _____

Примечание: при выполнении курсового проекта использовать методическое указание, данные производственной практики, лекционные и практические материалы, необходимую литературу и интернет сайты.

Задание выдал руководитель

(ф.и.о.,подпись)
« _____ » _____ 2016г.

Задание принял студент

(ф.и.о.,подпись)
« _____ » _____ 2016г.

Срок сдачи проекта:
« _____ » _____ 2016г.

9. Исходные данные для выполнения курсового проекта

Показатель	Единицы измерения	Значение вариантов							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Название выработки		1	3	4	6	2	5	2	6
Глубина заложения выработки	м	120	180	85	20	245	60	300	20
Длина выработки	м	250	600	800	700	900	80	500	420
Средняя плотность горных пород вышележащей толщи	т/м ³	2,7	2,6	2,4	3,0	2,5	2,6	2,8	2,4
Коэффициент Пуассона		0,25							
Сечение выработки	М2	5,1	6,8	6,1	6,0	4,8	14,0	6,8	14

Цифрами обозначены: 1-штрек, 2-квершлаг, 3-уклон, 4- бремсберг; 5-восстающий, 6-штольня.

МАЪЛУМОТНОМА

Хакимов Шодибой Ихматуллаевич



У 2012 йилнинг 28 августидан буён:

Навоний давлат кончилик институти «Кончилик иши» кафедраси доценти

Туғилган йили:
17.09.1963

Туғилган жойи:

*Самарканд вилояти,
Қушработ тумани,
Тажиковул қишлоғи*

Миллати:
Ўзбек

Партиявийлиги:
Ўзбекистон халқ-демократик партияси аъзоси

Маълумоти:
олий

Тамомлаган:
1989 йил, В.Г. Плеханов номидаги Ленинград (ҳозирги Санкт-Петербург) кончилик институти (қундузги)

Маълумоти бўйича мутахассислиги:

Фойдали қазилма конларини очиқ усулда қазиб олиш технологияси ва комплекс механизацияси

Илмий даражаси:
Техника фанлари номзоди

Илмий унвони:
йўқ

Қайси чет ва МДХ халқлари тилларини билади (тўлиқ кўрсатилиши лозим):
рус тили (эркин), инглиз ва немис тиллари (луғат ёрдамида)

Давлат мукофотлари билан тақдирланганми (қанақа):
йўқ

Халқ депутатлари республика, вилоят, шаҳар ва туман Кенгаши депутатими ёки бошқа сайланадиган органларнинг аъзосими (тўлиқ кўрсатилиши лозим):
йўқ

МЕҲНАТ ФАОЛИЯТИ

- | | |
|----------------|---|
| 1981-1982 йй. | - Самарканд вилояти, Каттақургон шаҳридаги ДОСААФ автомобил хайдовчилари мактаби талабаси |
| 1982-1984 йй. | - Ҳарбий хизматда |
| 1984-1989 йй. | - В.Г. Плеханов номидаги Ленинград (ҳозирги Санкт-Петербург) кончилик институтининг кончилик факультети талабаси |
| 1989-1990 йй. | - “Ўзбеколтин” ишлаб чиқариш бирлашмасига қарашли Маржонбулоқ олтин қазиб олиш кони: ишлаб чиқариш бўлими муҳандиси |
| 1990-1998 йй. | - “Ўзбеколтин” ишлаб чиқариш бирлашмасига қарашли Зармитан олтин қазиб олиш кони: ишлаб чиқариш бўлими муҳандиси, бўлим бошлиғи |
| 1998-1999 йй. | - Навоний кон-металлургия комбинати Марказий кон бошқармасига қарашли Мурунтоғ олтин кони: кон ишлари бўйича муҳандис |
| 1999-2006 йй. | - Навоний давлат кончилик институти, кончилик фекулътети кончилик ишлари кафедраси: ассистент, катта ўқитувчи |
| 2006-2009 йй. | - Навоний кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармасига қарашли Маржонбулоқ олтин қазиб олиш кони: ишлаб чиқариш -техника бўлими бошлиғи, очиқ кон ишлари бўлими бошлиғи |
| 2009 й. – 2010 | - Навоний кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармасига қарашли Зармитан олтин қазиб олиш кони: очиқ кон ишлари бўлими бошлиғи, ишлаб чиқариш – техника бюроси бошлиғи |
| 2010 й. – 2012 | - Навоний кон-металлургия комбинати Жанубий кон бошқармаси: кончилик бўлимии этақчи муҳандиси |
| 2012 й. – ҳ.в. | - Навоний давлат кончилик институти кончилик иши кафедраси доценти |