

АЭРОСЕТЬ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ РУДНИКА

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

18.11.2024

Содержание

Содержание.....	3
Введение.....	5
Требования к оформлению работы.....	7
Задание № 1 Построение топологии вентиляционной сети.....	10
Построение топологии вентиляционной сети на основе погоризонтных планов	10
Добавление вентиляционных объектов.....	12
Создание аксонометрической схемы вентиляционной сети.....	12
Задание № 2 Разработка математической модели вентиляционной сети.....	15
Задание параметров выработок сети.....	15
Задание параметров вентиляционных объектов.....	18
Задание № 3 Корректировка модели вентиляционной сети по результатам замеров.....	21
Внесение замеров в модель.....	21
Корректировка модели вентиляционной сети.....	24
Задание № 4 Расчет количества воздуха, требуемого для проветривания	26
Создание дерева участков рудника.....	27
Расчет количества воздуха	29

Заполнение дерева участков.....	40
---------------------------------	----

Задание № 5 Решение вентиляционных задач42

Проверка обеспечения рабочих зон требуемым количеством воздуха.....	43
Проверка наличия рециркуляционных контуров и последовательного проветривания	43
Проверка устойчивости проветривания рудника.....	44
Анализ энергоэффективности проветривания.....	46
Разработка мероприятий по улучшению проветривания рабочих зон.....	47

Введение

Методическое пособие предназначено для студентов, изучающих дисциплины по вентиляции рудников, и специалистов горных предприятий, занимающихся вопросами проветривания.

Выполнив все задания методического пособия, вы научитесь решать вентиляционные задачи с помощью моделирования в программе Аэросеть.

Объектом работы является рудник, имеющий два воздухоподающих ствола и один вентиляционный. На руднике три горизонта: откаточный – 500 м; добычной – 450 м и вентиляционный – 400 м / – 445 м.

Проветривание рудника осуществляется по всасывающей схеме. Главная вентиляторная установка Howden 170 WZ+4EME расположена на вентиляционном стволе. Для проветривания тупиковых выработок применяются вентиляторы ВМ-6.

На руднике в работе находится две очистные выработки, одна подготовительная и три камеры служебного назначения (камера ремонта горно-шахтного оборудования, гараж и склад взрывчатых материалов).

Методическое пособие, исходные данные для выполнения заданий и программу Аэросеть можно скачать с сайта aeroset.net.

И еще немного об оформлении методического пособия. Для привлечения читателя к важной информации на полях предусмотрены комментарии.

Обращайте внимание на комментарии на полях, подобные этому, которыми сопровождается ключевая информация.

Если в тексте встречается **действие, которое нужно выполнить в программе Аэросеть**, то справа на полях всегда будет написан путь к кнопке.

Таким образом показано, где в программе находится кнопка, позволяющая выполнить необходимое действие.

Желаем вам успехов в решении вентиляционных задач!

Требования к оформлению работы

Отчет о выполненной работе должен содержать титульный лист, оглавление, введение, пояснительную записку, заключение и графические приложения.

Во введении обозначаются цели, планируемый порядок выполнения и конечный результат работы.

Пояснительная записка должна содержать разделы согласно выполненным заданиям:

1. Построение топологии.

В разделе необходимо привести сведения о руднике, технологии ведения работ и схеме проветривания. Описать ход построения топологии вентиляционной сети.

Оформить графическое приложение – аксонометрическую схему рудника.

2. Разработка модели вентиляционной сети.

В этом разделе необходимо описать ход разработки модели вентиляционной сети и привести параметры выработок, перемычек и вентиляторных установок.

3. Корректировка модели вентиляционной сети.

Требуется поэтапно описать ход расстановки станций, занесения замеров, расчета

распределения воздуха, а также корректировки модели вентиляционной сети.

Оформить графическое приложение – аксонометрическую схему рудника с указанием расходов воздуха на выработках и замерных станциях. Кроме того, на схеме должны быть приведены характеристики главной вентиляторной установки после корректировки модели.

4. Расчет количества воздуха, требуемого для проветривания.

Здесь необходимо произвести расчет количества воздуха, необходимого для проветривания горных работ, с использованием методики, приведенной в пособии.

Оформить сравнительную таблицу требуемых и модельных входящих расходов воздуха для каждой рабочей зоны.

По результатам расчета сделать выводы об обеспеченности рабочих зон требуемым количеством воздуха.

5. Решение вентиляционных задач

В тех случаях, когда рабочие зоны не обеспечены требуемым количеством воздуха, следует разработать и описать мероприятия по обеспечению проветривания горных работ с пояснениями и выводами.

По результатам моделирования мероприятий необходимо оформить таблицу участков рудника с указанием модельных входящих и требуемых расходов воздуха, количества рециркулируемого и повторно использованного воздуха.

Оформить графические приложения:
аксонометрическую смежу рудника с распределением
гарантированных расходов и аксонометрическую
схему рудника с отображением энергозатрат на
единицу длины.

В заключении следует описать основные результаты и
выводы по работе.

Задание № 1

Построение топологии вентиляционной сети

Цель

Построить аксонометрическую схему вентиляционной сети рудника.

Задачи

1. Построить топологию вентиляционной сети на основе погоризонтных планов.
2. Добавить вентиляционные объекты.
3. Создать аксонометрическую схему вентиляционной сети.

Исходные данные

- Графические файлы погоризонтных планов:
вентиляционный горизонт – 400 м / – 445 м;
добычной горизонт – 450 м;
откаточный горизонт – 500 м.

*Исходные данные для
выполнения заданий
можно скачать с
сайта*

*[download.aeroset.net
/tutorials.zip](http://download.aeroset.net/tutorials.zip)*

Построение топологии вентиляционной сети на основе погоризонтных планов

Перед построением выработок нужно **создать слои**, к которым в дальнейшем будут прикреплены разрабатываемые горизонты. Каждый горизонт должен принадлежать отдельному слою, то есть необходимо создать четыре слоя:

Боковая панель →

Слои →

Добавить слой

- вентиляционный горизонт – 400 м;
- вентиляционный горизонт – 445 м;
- добычной горизонт – 450 м;
- откаточный горизонт – 500 м.

Обратите внимание на знак перед высотной отметкой – это минус.

Высотные отметки отрицательные.

Далее необходимо **изменить параметры слоев**: задать название, высотную отметку и выбрать цвет слоя.

Боковая панель →

Слои →

Редактировать свойства слоя

Перед рисованием выработок нужно выбрать тот слой из списка, который имеет такую же высотную отметку, что и разрабатываемый горизонт. При добавлении выработок узлам будут автоматически присваиваться высотные отметки слоя.

Для построения одного из погоризонтных планов требуется **добавить фон**. После этого графическое изображение с горизонтом начнет отображаться внутри программы.

Главная →

Объекты →

Добавить изображение

Затем нужно **нарисовать выработки** поверх изображения на импортированной картинке.

Главная →

Добавить выработку

Аналогичным образом необходимо построить остальные горизонты.

Чтобы программа корректно определила длину выработок необходимо **задать масштаб схемы**. Для этого нужно задать фактическое расстояние между двумя узлами, на основе которого будут пересчитаны длины всех выработок.

Схема →

Реальный масштаб

Расстояние между скиповым и вентиляционным стволом — 1200 м.

Добавление вентиляционных объектов

Необходимо **добавить объекты** (вентиляторы, перемычки, завалы) на выработки в соответствии с графическим отображением добавленных погоризонтных планов.

[Главная →
Объекты на
выработке](#)

Кроме того, необходимо **задать названия выработок и объектов** в соответствии с импортированной картинкой. Названия следует задавать в свойствах объекта.

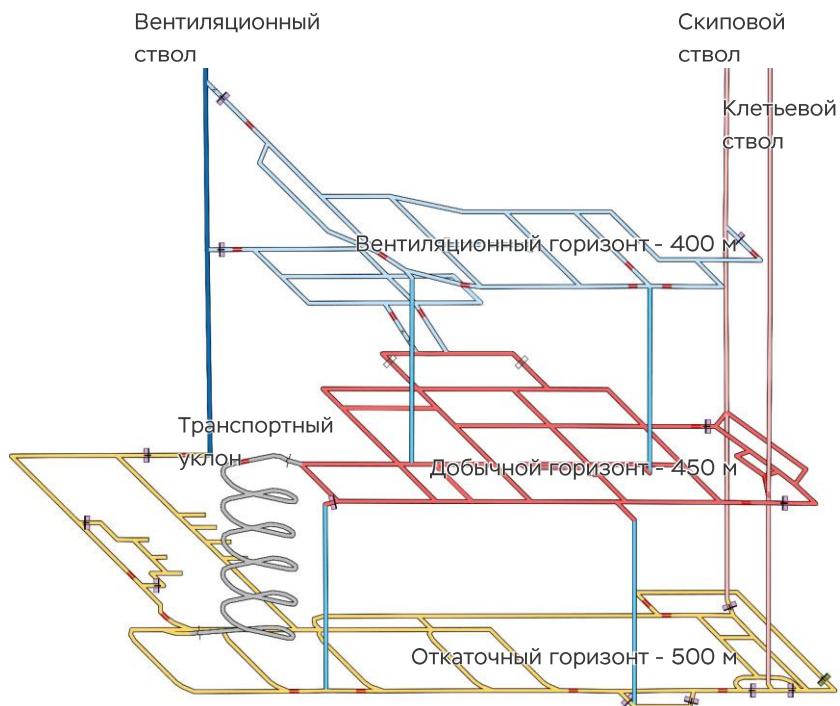
[Свойства →
Общее](#)

Создание аксонометрической схемы вентиляционной сети

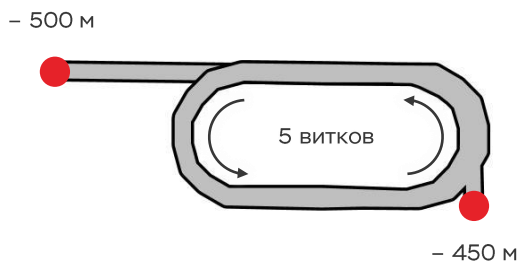
Чтобы объединить построенные горизонты в аксонометрическую схему, нужно **изменить тип проекции** на косоугольную. Затем задать угол между осями — 135° и искажение вдоль по вертикальной оси — 1000 %.

[Вид →
Проекция](#)

Для завершения построения топологии вентиляционной сети следует соединить горизонты вертикальными и наклонными выработками, как показано на рисунке ниже.



Нарисовать транспортный уклон лучше следующим образом. В прямоугольной проекции построить одну выработку с пятью витками.



Таким способом строятся наклонные выработки сложной геометрии.

Конечной вершине, соединяющейся с добычным горизонтом, необходимо **задать высотную отметку** – 450 м, а противоположной конечной вершине – 500 м.

[Свойства →](#)

[Параметры](#)

После чего следует **скорректировать высотные отметки промежуточных вершин** между двумя конченными.

[Общее →](#)

[Выводить высоту](#)

Конечные вершины транспортного уклона необходимо **соединить с конечными вершинами других слоев** – доставочного и откаточного горизонта.

[Общее →](#)

[Соединить с выработками](#)

Вершинам вертикальных стволов, находящихся на поверхности, требуется **задать связь с атмосферой и высотные отметки**. Устье вентиляционного ствола находится на отметке + 70 м. Скиповой и клетевой стволы имеют отметку + 20 м.

[Свойства →](#)

[Параметры](#)

На этом этапе работы построена топология сети, то есть графическое изображение горных выработок. На ее основе можно разработать модель для расчета вентиляции и план ликвидации аварий.

Задание № 2

Разработка математической модели вентиляционной сети

Цель:

Разработать математическую модель вентиляционной сети рудника.

Задачи

1. Задать параметры выработок сети.
2. Задать параметры вентиляционных объектов.

Исходные данные:

- Разработанная топология вентиляционной сети.
- Типы и характеристики выработок.
- Параметры вентиляционных объектов.

В прошлом задании была разработана топология рудника. Если задать аэродинамические параметры выработок и вентиляционных объектов, появится возможность моделировать движения воздуха в данной вентиляционной сети.

Задание параметров выработок сети

Необходимо открыть редактор типов выработок и заполнить справочник типов выработок, используя исходные данные из таблицы, приведенной ниже.

[Справочники →](#)
[Типы выработок](#)

Тип выработки	Форма сечения	Площадь сечения	Тип поверхности	Коэффициент шероховатости	Максимальная скорость воздуха
Вентиляционная выработка	Арочная	18 м ²	ГИ, Арочная металлическая крепь	0,007 кг/м ³	8 м/с
Вентиляционная скважина	Круглая	5 м ²	ГИ, Комбайновая проходка	0,004 кг/м ³	–
Вентиляционный ствол	Круглая	25 м ²	ГИ, Ствол – 1 сосуд	0,04 кг/м ³	15 м/с
Воздухоподающий ствол	Круглая	19 м ²	ГИ, Ствол – 3 сосуда	0,07 кг/м ³	15 м/с
Откаточная выработка	Арочная	16 м ²	ГИ, Арочная металлическая крепь	0,007 кг/м ³	8 м/с
Добычная выработка	Прямоугольная 3/4	22 м ²	ГИ, Буровзрывная проходка без крепи	0,025 кг/м ³	6 м/с
Транспортные уклоны	Прямоугольная 3/4	22 м ²	ГИ, Арочная металлическая крепь	0,007 кг/м ³	8 м/с
Вентиляционный канал	Прямоугольная 3/4	25 м ²	ГИ, Монолитная бетонная крепь	0,005 кг/м ³	–
Вентиляционный трубопровод	Круглая	0,78 м ²	ГИ, Гибкий вентиляционный трубопровод	0,005 кг/м ³	–

Справочник типов выработок создается один раз и в ходе разработки вентиляционной модели многократно используется для различных выработок в соответствии с их назначением.

Для каждого типа выработок требуется задать название, форму и площадь поперечного сечения, тип поверхности стенок, максимально допустимую скорость движения воздуха в выработке и специальный цвет, которым будут закрашиваться соответствующие выработки на схеме.

Если у вас есть доступ к интернету, то форму и поверхность выработки можно импортировать из общего справочника.

Перед началом расчета распределения воздуха, каждой выработке необходимо **задать тип** из созданного справочника. В соответствии с выбранным типом выработкам присвоятся параметры, от которых зависит сопротивление: площадь сечения, периметр, коэффициент шероховатости.

[Свойства →](#)
[Вентиляция →](#)
[Типы выработок](#)

Чтобы ускорить процесс задания свойств выработок можно **выделить все выработки, принадлежащие одному горизонту**. Как правило, на рудниках разделение технологического назначения выработок соответствует горизонтам. Для этого модель строится слоями, чтобы в дальнейшем была возможность изменять свойства не одной конкретной выработки, а всего горизонта.

[Боковая панель →](#)
[Слои →](#)
[Выделить объекты, принадлежащие слою](#)

Задание параметров вентиляционных объектов

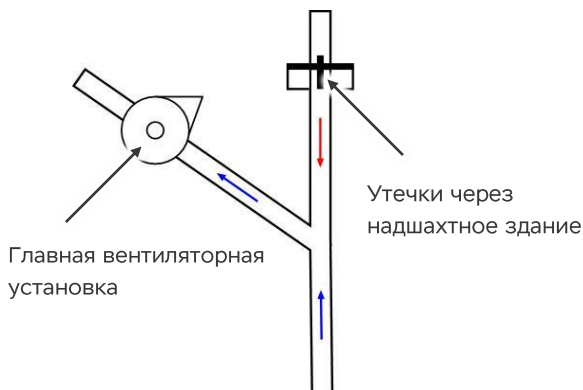
В расчетах математической модели кроме выработок участвуют вентиляционные объекты. В нашем случае к ним относятся перемычки, двери, завалы, вентиляционные паруса и вентиляторные установки.

В первую очередь нужно добавить в справочник характеристики главной вентиляторной установки. Для этого нужно **импортировать вентилятор** Howden 170 WZ+4EME в модель из общего справочника.

[Справочники →](#)
[Вентиляторы →](#)
[Импорт](#)

После этого на вентиляционный ствол следует **добавить стационарный вентилятор и** вентиляционную дверь, имитирующую утечки через надшахтное здание, как показано на рисунке ниже.

[Главная →](#)
[Объекты на](#)
[выработках](#)



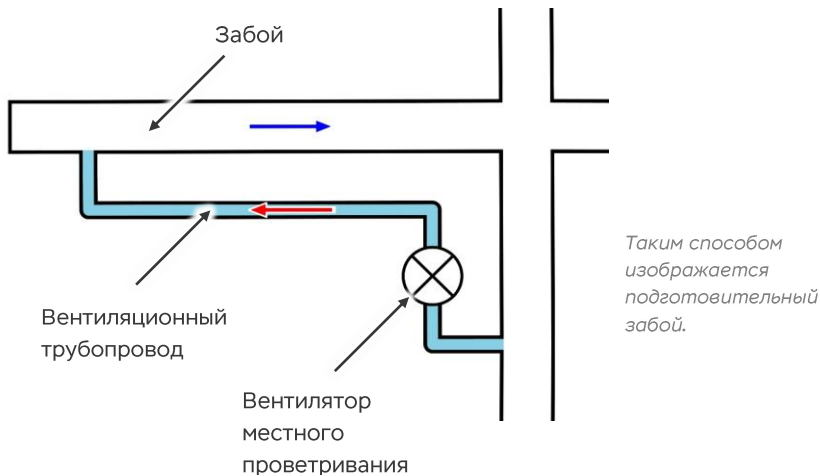
Далее в свойствах вентилятора необходимо **выбрать способ задания параметров вентилятора** с помощью напорной характеристики и шаблон, добавленный в

справочник – Howden 170 WZ+4EME. Угол наклона лопаток на вентиляторе задать равным 6°. Скорость вращения рабочего колеса – в соответствии с вариантами задания, указанными ниже.

Вариант	1	2	3	4	5
Количество оборотов	1000	900	900	1000	1000

Те же действия необходимо выполнить для вентиляторов местного проветривания. На руднике для проветривания тупиковых выработок применяются вентиляторы ВМ-6.

Чтобы моделировать проветривание тупикового забоя вентилятором местного проветривания необходимо построить топологию, которая изображена ниже.



Очистные забои, в отличие от подготовительных, не являются тупиковыми, поэтому они проветриваются за счет общешахтной депрессии без применения дополнительных вентиляционных объектов в виде местных источников тяги и вентиляционных трубопроводов.

Задание № 3

Корректировка модели вентиляционной сети по результатам замеров

Цель:

Добиться соответствия между математической моделью вентиляционной сети и фактической ситуацией движения воздуха в руднике.

Задачи

1. Разместить на выработках модели замерные станции и занести в них фактические расходы воздуха.
2. Добиться соответствия модельных расходов воздуха фактическим.

Исходные данные:

- Разработанная модель вентиляционной сети.
- Схема расположения замерных станций.
- Результаты замеров расходов воздуха.

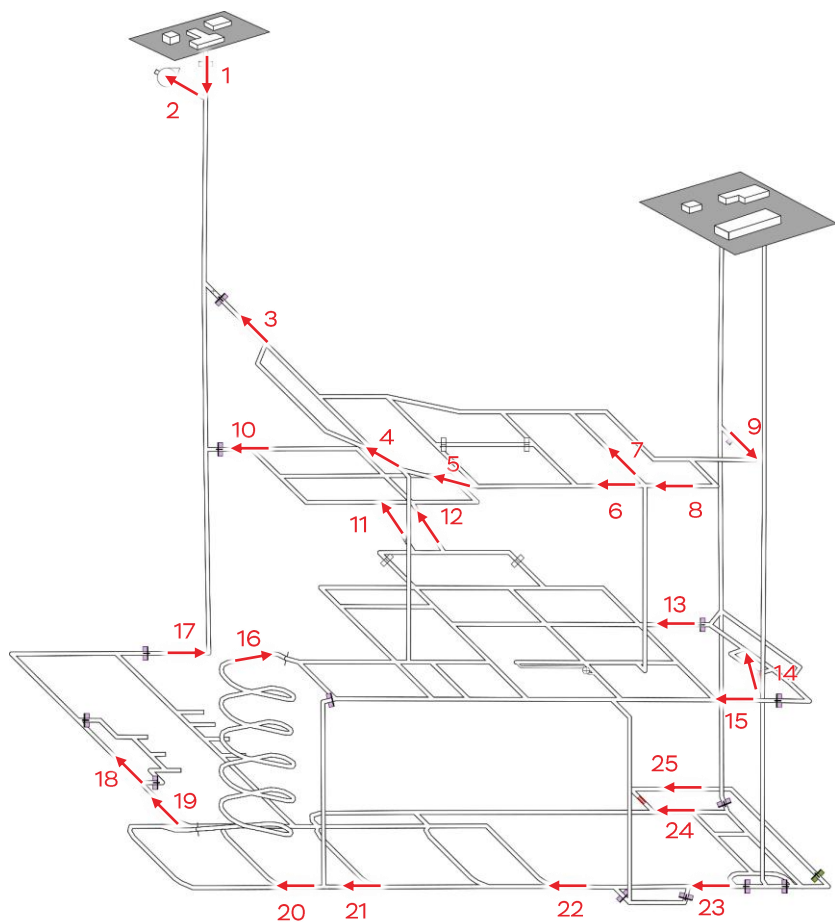
Внесение замеров в модель

В соответствии с рисунком ниже необходимо расположить замерные станции на выработках.

В прошлом задании была разработана модель вентиляционной сети на основе проектных данных.

Обычно фактическая ситуация в руднике отличается от проектной. Поэтому необходимо провести корректировку параметров модели на основе замеров.

[Главная →](#)
[Объекты на выработках](#)



После чего нужно **задать фактические расходы** на
замерных станциях согласно таблице, приведенной
ниже.

Свойства →

Замеры →

Добавить замер

Номер замерной станции	Вариант				
	1	2	3	4	5
	Расход воздуха, м³/с				
1	6,6	6,0	6,2	6,9	5,6
2	79,1	71,2	70,1	77,9	84,2
3	27,9	22,2	47,6	52,9	26,1
4	16,4	14,7	28,2	31,4	14,8
5	2,7	2,5	3,2	3,6	4,1
6	3,0	2,7	4,7	5,3	3,3
7	9,4	8,4	14,8	16,4	10,2
8	0,6	0,6	0,8	0,9	0,9
9	1,3	1,1	1,3	2,5	1,0
10	34,1	26,4	10,3	11,4	49,9
11	4,6	4,1	1,5	1,6	7,7
12	29,5	22,3	8,8	9,8	42,2
13	11,7	10,5	11,3	12,5	34,6
14	6,8	6,1	6,8	15,0	30,5
15	27,0	24,3	22,8	25,4	31,2
16	5,0	4,5	3,4	3,8	1,6
17	15,2	13,7	6,0	6,7	2,6
18	4,7	4,7	1,2	1,3	0,5
19	5,9	5,4	1,5	5,9	0,6
20	6,9	6,2	4,3	4,7	1,9
21	7,8	7,0	7,8	6,0	2,4
22	8,4	7,5	3,7	4,2	1,8
23	19,8	17,8	17,9	19,9	7,7
24	11,7	10,5	8,9	9,9	3,9
25	1,0	0,9	0,7	0,8	0,3

Корректировка модели вентиляционной сети

Перед корректировкой параметров модели необходимо **произвести расчет** распределения воздуха при заданных характеристиках главной вентиляторной установки и типах выработок.

*Вентиляция →
Моделирование
проветривания*

Для удобства анализа результатов расчета следует **включить отображение расходов воздуха** и направлений его движения, а также отключить названия выработок.

*Вид → Вентиляция →
Модельные данные →
Расходы воздуха на
замерных станциях*

Обычно фактическая ситуация в руднике отличается от проектной. Если расходы, внесенные в замеры станции, отличаются от модельных, то нужно провести корректировку параметров модели.

Корректировка модели осуществляется изменением сопротивления перемычек, завалов и других объектов, влияющих на движение воздуха. Обычно сопротивление этих объектов определяется экспериментально на основе замеров расхода воздуха и перепада давления. При отсутствии замеров для перемычек с вентиляционным окном нужно **подобрать площадь сечения окна**.

*Свойства →
Вентиляция*

Сопротивления глухих перемычек и вентиляционных парусов рассчитывается исходя из типовой воздухопроницаемости. При необходимости ее тоже можно скорректировать отдельно для каждого объекта.

Каждый раз после изменения параметров
вентиляционных объектов следует производить **расчет** *Вентиляция →*
воздухораспределения и проводить сравнение *Моделирование*
модельных и фактических расходов, занесенных в *проветривания*
замерные станции.

Для удобства проведения сравнения следует включить
выделение станций с неверными расходами воздуха. *Вид → Вентиляция →*
Программа подсветит замерные станции, для которых *Исходные данные →*
фактический расход отличается от модельного более *Замерные станции с*
чем на 4 м³/с. *неверными расходами*

Модельное распределение воздуха будет
соответствовать фактическому, когда рабочая точка
главной вентиляторной установки будет
соответствовать замеренной. Для каждого варианта
замеренные параметры главной вентиляторной
установки приведены в таблице ниже.

Вариант	1	2	3	4	5
Расход воздуха, м³/с	79,1	71,2	70,1	77,9	84,2
Напор, Па	887	718	756	933	671

Если рабочая точка вентилятора не соответствует
замерам, нужно проводить корректировку типовой
шероховатости выработок.

Задание № 4

Расчет количества воздуха, требуемого для проветривания

Цель:

Определить требуемое количество воздуха для проветривания рабочих зон и рудника в целом.

Задачи:

1. Разделить рудник на участки.
2. Произвести расчет количества воздуха, необходимого для проветривания рудника.

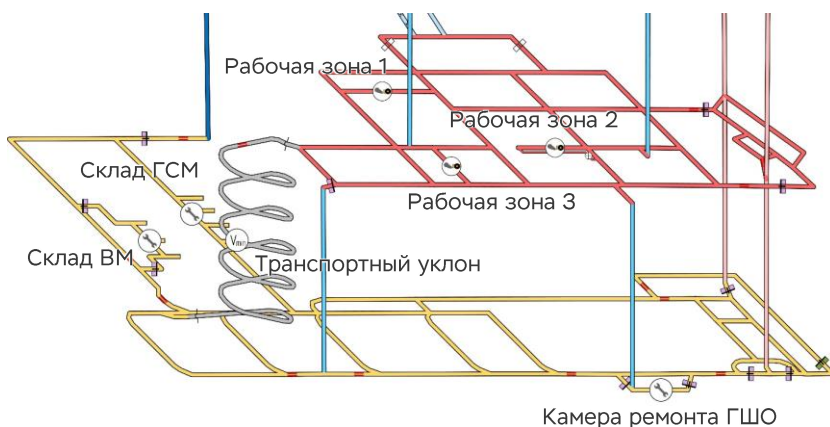
Исходные данные:

- Разработанная модель вентиляционной сети.
- Схема расположения рабочих забоев и камер служебного назначения.
- Параметры камер служебного назначения, рабочих забоев и используемой техники.
- Методика расчета количества воздуха, необходимого для проветривания рудника.

Чтобы понять сколько воздуха должно подаваться для обеспечения безопасных условий труда горнорабочих, необходимо выполнить расчет количества воздуха для проветривания рабочих зон и рудника в целом. Расчет проводится согласно методике, описанной в задании.

Создание дерева участков рудника

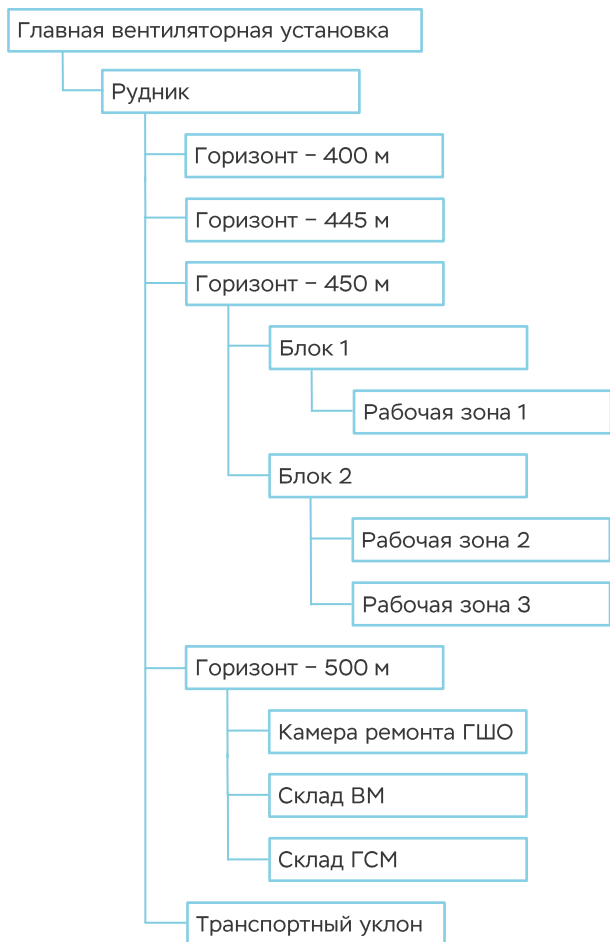
На руднике в работе находится две очистные выработки, одна подготовительная и три технологические камеры (камера ремонта горно-шахтного оборудования, гараж и склад взрывчатых материалов). Кроме того, при расчете необходимо учесть расход воздуха на проветривание транспортного уклона. Расположение забоев и камер служебного назначения указано на рисунке ниже.



Сначала следует создать дерево участков рудника начиная с главной вентиляторной установки и заканчивая рабочими зонами, опираясь на иерархию участков рудника, изображенную на рисунке ниже.

Боковая панель →
Участки рудника →
Новый участок

Если нажать эту кнопку, предварительно выделив уже созданный участок, то новый появится на уровень ниже.



Также нужно **привязать выработки** к участкам рудника. Выработки нужно привязывать таким образом, чтобы каждый из участков включал в себя все выработки дочерних участков.

Боковая панель →
Участки рудника →
Привязать
выделенные
выработки

Расчет количества воздуха

Количество воздуха, необходимое для проветривания рабочих зон, рассчитывается в зависимости от проявления вредных факторов рудничной атмосферы. В случае отсутствия проявления какого-либо фактора расчет по нему не производится. К дальнейшему расчету принимается наибольший расход воздуха, полученный по различным факторам. Расход воздуха для горных выработок, вентиляционных участков и рудника в целом производится суммированием потребностей в воздухе рабочих зон, выработок, участков, с учетом утечек и неравномерности распределения воздуха.

Для расчета количества воздуха, необходимого для проветривания, нужно использовать исходные данные из таблицы и методику расчета, приведенные ниже.

Параметр	Ед. изм.	Вариант				
		1	2	3	4	5
Газовыделение метана						
Газовыделение метана в подготовительных забоях	м³/мин	1	1,5	2	2,5	3
Газовыделение метана в очистных забоях	м³/мин	3	2,5	1,5	2	1
Коэффициент неравномерности газовыделения для подготовительных забоев		1	1	1	1	1
Коэффициент неравномерности газовыделения для очистных забоев		1,07	1,07	1,14	1,08	1,3
Допустимая концентрация метана в исходящей из выработки вентиляционной струе	% по объему			0,5		
Концентрация метана в поступающем в выработку воздухе	% по объему			0		
Взрывные работы						
Время проветривания забоя	с	1600	1650	1700	1750	1800
Масса взрывчатого вещества в подготовительной выработке	кг	100	200	300	400	500
Масса взрывчатого вещества в очистной выработке	кг	500	400	200	300	100
Площадь сечения подготовительной выработки	м²			22		

Площадь сечения очистной выработки	м ²	50				
Длина подготовительных и очистных выработок	м	100	110	120	130	140
Фактическая газовость взрывчатого вещества по условной окиси углерода	л/кг	35	33	35	33	35
Время проветривания	мин	30				
Коэффициент обводненности		0,77	0,75	0,78	0,76	0,79
Коэффициент утечек воздуха в вентиляционном трубопроводе		1,05	1,1	1,15	1,2	1,25

Газы от машин с двигателем внутреннего сгорания

Тип двигателей используемых машин	Дизельный	
Цикл работы используемых машин	мин	25
Выхлопные газы для погрузочно-доставочных машин (CO)	% по объему	0,0128
Выхлопные газы для погрузочно-доставочных машин (NO ₂)	% по объему	0,0156
Выхлопные газы для кровлеоборочных машин (CO)	% по объему	0,0090
Выхлопные газы для кровлеоборочных машин (NO ₂)	% по объему	0,0182
Предельно допустимая концентрация для CO	% по объему	0,0017

Предельно допустимая концентрация для NO ₂	% по объему	0,00026				
Загазованный объем для подготовительного забоя	м ³	58,7	64,6	70,5	76,4	82,3
Загазованный объем для очистного забоя	м ³	46,8	51,5	56,2	60,9	65,6
Рабочий объем цилиндров для погрузочно-доставочных машин	м ³	0,0111				
Рабочий объем цилиндров для кровлеоборочных машин	м ³	0,00431				
Скорость вращения коленчатого вала для погрузочно-доставочных машин	об/с	35	40	42	38	37
Скорость вращения коленчатого вала для кровлеоборочных машин	об/с	42	38	41	45	39
Мощность двигателя для погрузочно-доставочных машин	кВт	243	235	223	205	198
Мощность двигателя для кровлеоборочных машин	кВт	64	78	85	87	95
Удельный расход топлива для погрузочно-доставочных машин	кг/кВт·ч	0,3				
Удельный расход топлива для кровлеоборочных машин	кг/кВт·ч	0,3				
Количество воздуха, необходимое для сгорания килограмма топлива	кг	14,4				

Плотность воздуха	кг/м ³	1,23	1,25	1,24	1,25	1,23
Содержание кислорода в поступающем воздухе	% по объему	20,7	20,5	20,9	20,5	20,9
<i>Скорости движения воздуха</i>						
Минимальная скорость движения воздуха в подготовительных забоях	м/с			0,25		
Минимальная скорость движения воздуха в очистных забоях	м/с			0,15		
<i>Люди</i>						
Норма подачи воздуха на одного подземного рабочего	м ³ /с			0,1		
Число людей, одновременно находящихся в выработке	чел.	5	10	8	7	4
<i>Технологические камеры</i>						
Объем камеры ремонта горно-шахтного оборудования (ГШО)	м ³	1500	1600	1700	1800	1900
Объем склада взрывчатых материалов (ВМ)	м ³	2000	2200	2400	2600	2800
Объем склада горюче-смазочных материалов (ГСМ)	м ³	3800	3600	3400	3200	3000
<i>Выемочный участок</i>						
Коэффициент запаса, учитывающий утечки через выработанное пространство		1,3	1,4	1,5	1,1	1,2

Рудник

Коэффициент запаса воздуха, учитывающий утечки воздуха в выработках откаточного горизонта по пути к потребителям	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11
Коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воздуха	1,09	1,13	1,17	1,21	1,25

Расчет количества воздуха по газам из массива

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания рабочих зон по фактору выделения взрывоопасных газов из породного массива и отбитой руды (м³/с) производится по формуле:

$$Q_{\text{газ}} = \frac{100 \cdot J \cdot k_{\text{н}}}{60(C_{\text{доп}} - C_0)}$$

- J — газовыделение метана в рабочей зоне, мЗ/мин;
- $k_{\text{н}}$ — коэффициент неравномерности газовыделения;
- $C_{\text{доп}}$ — допустимая концентрация метана в исходящей из очистной выработки вентиляционной струе, %;
- C_0 — концентрация метана в воздухе, поступающем для проветривания выработки, %.

Расчет количества воздуха по газам при взрывах

Расход воздуха, необходимый для проветривания рабочих зон от газов, образовавшихся при взрывных работах (м³/с), определяется по формуле:

$$Q_{\text{вв}} = \frac{2,25}{60 \cdot T} \sqrt[3]{\frac{A_{\text{вв}} \cdot (S \cdot L)^2 \cdot b \cdot k_{\text{обв}}}{k_{\text{ут}}^2}},$$

- T — время проветривания забоя, мин;
- $A_{\text{вв}}$ — масса взрываемого ВВ, кг;
- S — площадь сечения выработки, м²;
- L — длина выработки, м;
- b — фактическая газовость взрывчатых веществ по условной окиси углерода, л/кг;

- $k_{\text{обв}}$ — коэффициент, учитывающий обводненность выработки;
- $k_{\text{ут}}$ — коэффициент утечек воздуха в вентиляционном трубопроводе.

Расчет количества воздуха по двигателям внутреннего сгорания

Количество воздуха, необходимое для проветривания каждой машины с двигателем внутреннего сгорания ($\text{м}^3/\text{с}$) вычисляется по следующей формуле:

$$Q_{\text{двиг}} = \frac{C_{\text{вых}}}{C_{\text{доп}}} \cdot \frac{V_{\text{двиг}} \cdot n_{\text{двиг}}}{2}$$

- $C_{\text{вых}}$ — концентрация ядовитых компонентов выхлопных газов, %;
- $C_{\text{доп}}$ — предельно допустимая концентрация по соответствующему компоненту, %;
- $V_{\text{двиг}}$ — рабочий объем цилиндров самоходного дизельного оборудования, м^3 ;
- $n_{\text{двиг}}$ — скорость вращения коленчатого вала, об/с.

Количество воздуха рассчитывается для разбавления двух основных компонентов: CO и NO₂.

Стоит отметить, что данный параметр рассчитывается для погрузочно-доставочных и кровлеоборочных машин отдельно. Предполагается, что в каждом забое в определенный момент времени работает только одна единица техники. В подготовительных забоях доставочная машина работает в случае отгрузки полезного ископаемого, кровлеоборочная машина – когда происходит крепление. В очистных забоях

кровлеоборочная машина не используется, так как крепление выработки осуществляется на этапе подготовки.

Также требуется рассчитать расход воздуха для машин с двигателем внутреннего сгорания по содержанию кислорода ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$Q^{\text{двиг}} = \frac{21 \cdot L_0 \cdot N \cdot q}{3600 \cdot \rho \cdot (K_0 - 20)}$$

- N — номинальная мощность двигателя, кВт;
- L_0 — количество воздуха, необходимое для сгорания килограмма топлива, кг;
- q — удельный расход топлива при номинальной мощности, кг/кВт·ч;
- ρ — плотность воздуха, кг/м³;
- K_0 — содержание кислорода в воздухе, поступающем на проветривание, %.

Расчет количества воздуха по минимально допустимой скорости

Расчет расхода воздуха для обеспечения минимально-допустимой скорости его движения по длине выработки в пределах рабочей зоны, эффективной по выносу пыли ($\text{м}^3/\text{с}$), рассчитывается по формуле:

$$Q^{\text{мин}} = S \cdot V_{\text{мин}}$$

- S — наибольшая площадь сечения выработки в пределах рабочей зоны, м²;
- $V_{\text{мин}}$ — минимальная скорость движения воздуха, м/с.

Расчет количества воздуха по наибольшему количеству горнорабочих

Расчет воздуха по количеству горнорабочих в смене ($\text{м}^3/\text{с}$) производится следующим образом:

$$Q_{\text{раб}} = q_{\text{раб}} \cdot n_{\text{раб}}$$

- $q_{\text{раб}}$ — норма подачи воздуха на одного подземного рабочего, $\text{м}^3/\text{с}$;
- $n_{\text{раб}}$ — максимальное число людей, одновременно находящихся в выработке.

После расчета количества воздуха по каждому из факторов, необходимо провести сравнительный анализ результатов и в дальнейших

Расчет количества воздуха для проветривания тупикового забоя с помощью вентилятора

Рассчитать количество воздуха, необходимое для проветривания рабочей зоны с помощью вентилятора местного проветривания ($\text{м}^3/\text{с}$) можно по следующей формуле:

$$Q_{\text{вент}} = 1,43 \cdot k_y \cdot Q$$

- Q — требуемый расход воздуха для тупиковой выработки, $\text{м}^3/\text{с}$;
- k_y — коэффициент, учитывающий утечки воздуха в трубопроводе.

Таким образом определяется количество воздуха, требуемое для проветривания рабочей зоны 2 (подготовительной выработки).

Расчет количества воздуха для блока 1

Рассчитать расход воздуха для проветривания рабочей зоны 1 ($\text{м}^3/\text{с}$) можно по следующей формуле:

$$Q_{\text{блок 1}} = k_{\text{блок}} \cdot (1,43 \cdot k_y \cdot Q_1)$$

- $k_{\text{блок}}$ — коэффициент запаса, учитывающий утечки через выработанное пространство;
- Q_1 — требуемый расход воздуха для проветривания рабочей зоны 1, м³/с.

Расчет количества воздуха для блока 2

Рассчитать расход воздуха для проветривания рабочих зон 2 и 3 (м³/с) можно по следующей формуле:

$$Q_{\text{блок 2}} = k_{\text{блок}} \cdot (1,43 \cdot k_y \cdot Q_2 + Q_3)$$

- $k_{\text{блок}}$ — коэффициент запаса, учитывающий утечки через выработанное пространство;
- Q_2 — требуемый расход воздуха для проветривания рабочей зоны 2, м³/с.
- Q_3 — требуемый расход воздуха для проветривания рабочей зоны 3, м³/с.

Расчет количества воздуха для проветривания технологических камер

Кроме того, необходимо рассчитать количество воздуха для проветривания технологических камер служебного назначения. Требуемое количество воздуха (м³/с) рассчитывается, исходя из необходимости его четырехкратного обмена в камере в течение одного часа:

$$Q_{\text{тк}} = \frac{4}{3600} \cdot V_{\text{тк}}$$

- $V_{\text{тк}}$ — суммарный объем выработок камеры, м³.

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания рудника

Определить общее количество воздуха, необходимое для проветривания рудника ($\text{м}^3/\text{с}$), можно следующим образом:

$$Q_{\text{руд}} = k_{\text{руд}} \cdot k_{\text{н}} \cdot (Q_{\text{блок 1}} + Q_{\text{блок 2}}) + Q_{\text{ту}} + \sum Q_{\text{тк}}$$

- $Q_{\text{блок 1}}$ — расход воздуха для проветривания рабочей зоны 1, $\text{м}^3/\text{с}$;
- $Q_{\text{ту}}$ — расход воздуха для проветривания транспортного уклона, $\text{м}^3/\text{с}$;
- $k_{\text{руд}}$ — коэффициент запаса воздуха, учитывающий утечки воздуха в выработках откаточного горизонта по пути к потребителям;
- $k_{\text{н}}$ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воздуха;
- $Q_{\text{блок 2}}$ — суммарный расход воздуха для проветривания рабочих зон 2 и 3, $\text{м}^3/\text{с}$;
- $\sum Q_{\text{тк}}$ — суммарный расход воздуха на проветривание технологических камер, $\text{м}^3/\text{с}$.

Заполнение дерева участков

После проведения расчета необходимо **задать участкам свойства: название, цвет, а также загрязнение проходящего воздуха** для рабочих зон и камер служебного назначения. Это позволит автоматически отображать свежую и исходящую струи воздуха.

Боковая панель →
Участки рудника →
Общее

Далее **включить отображение** требуемого и входящего количества воздуха.

*Боковая панель →
Участки рудника →
Вид*

После чего необходимо **занести требуемые расходы воздуха** в дерево участков рудника. Для транспортного уклона между горизонтами – 450 м и – 500 м принимается значение в 5 м³/с.

*Боковая панель →
Участки рудника →
Общее →
Требуемый расход
задается вручную*

Для очистных и подготовительных выработок, технологических камер, а также рудника в целом требуемые расходы задаются исходя из результатов расчета. Заполненное дерево участков рудника позволяет анализировать обеспеченность отдельных потребителей, величину утечек, а также находить рециркуляционные контуры движения воздуха и разрабатывать мероприятия по повышению эффективности проветривания.

Задание № 5

Решение вентиляционных задач

Цель:

Разработать мероприятия по обеспечению рабочих зон необходимым количеством воздуха, учитывая надежность проветривания и его энергоэффективность.

Задачи

1. Провести проверку обеспечения рабочих зон требуемым количеством воздуха.
2. Провести проверку наличия рециркуляционных контуров и последовательного проветривания.
3. Провести расчет устойчивости проветривания рудника.
4. Проанализировать энергоэффективность работы главной вентиляторной установки.
5. При необходимости разработать мероприятия по улучшению проветривания рабочих зон.

Исходные данные:

- Модель вентиляционной сети с результатами расчета количества воздуха, необходимого для проветривания горных работ.

После того, как модель показывает фактическую картину распределения воздуха, с ее помощью можно проводить анализ вентиляционной сети и смотреть, как те или иные мероприятия или технические решения влияют на проветривание рудника.

Проверка обеспечения рабочих зон требуемым количеством воздуха

Сначала необходимо сравнить входящие расходы воздуха с требуемыми расходами. Для этого следует **включить отображение** требуемого и входящего количества воздуха.

Для создания безопасных условий труда входящие расходы воздуха должны быть не менее требуемых. В тоже время, с точки зрения энергоэффективности входящие расходы воздуха не должны превышать требуемые расходы более чем на 10 %.

Чтобы получить данные о проветривании участков рудника в редактируемом формате для вставки в отчет нужно **экспортировать таблицу** участков.

[Боковая панель →](#)

[Участки рудника →](#)

[Отчет →](#)

[Обеспечение участков необходимым количеством воздуха](#)

Мероприятиями по обеспечению рабочих зон требуемым количеством воздуха, являются: установка перемычек, расчистка завалов, герметизация надшахтных зданий, изменение параметров работы главной вентиляторной установки, установка дополнительных вентиляторных установок, проходка дополнительных выработок и другие.

Проверка наличия рециркуляционных контуров и последовательного проветривания

Далее требуется **проверить наличие** рециркуляционных контуров при проветривании.

[Вентиляция →](#)

[Расчет →](#)

[Проверка рециркуляции](#)

Под рециркуляцией понимается повторное использование части отработанного воздуха при проветривании горных участков. Неконтролируемая рециркуляция в пределах горного участка или шахтного поля может вызвать накопление взрывоопасных газов, которое сложно отследить. В данной работе рециркуляция воздуха в руднике не допустима.

После чего нужно **проверить наличие последовательного проветривания** рабочих зон.

Согласно правилам безопасности, вентиляция рудника должна осуществляться так, чтобы отдельные участки, блоки, камеры и рабочие забои имели независимое друг от друга проветривание за счет общешахтной депрессии. Это требуется для обеспечения безопасного проветривания в аварийных ситуациях.

К мероприятиям по исключению рециркуляции и последовательного проветривания, относится регулирование распределения воздуха за счет перемычек.

Проверка устойчивости проветривания рудника

В исследованиях по вентиляции рудников доказано, что исходные сопротивления выработок могут изменяться в пределах 34 %. Изменение может быть вызвано уменьшением поперечного сечения выработки из-за горного давления или использования ее в целях

Однако, существует управляемая рециркуляция, которая позволяет безопасно уменьшить затраты на проветривание. Подобные системы вентиляции разрежены и применяются в калийных рудниках.

*Боковая панель →
Участки рудника →
Вид →
Используемый воздух*

складирования, а также работой технологического оборудования и старением вентиляционных сооружений.

Под устойчивостью проветривания рудника понимается способность вентиляционной сети рудника сохранять заданные расход и направления движения воздуха при изменении аэродинамических сопротивлений выработок.

Расчет устойчивости движения воздушных потоков и оценки надежности включает в себя многократный расчет воздухораспределения в вентиляционной сети со случайными значениями исходных сопротивлений. Проветривание выработки считается устойчивым, если гарантированные расходы являются положительными.

Для этого необходимо **произвести расчет устойчивости** движения воздуха.

*Вентиляция →
Расчет → Оценка
устойчивости*

Затем необходимо проанализировать распределение гарантированных расходов в выработках рудника. Для этого следует **включить отображение гарантированных расходов** на схеме.

*Вид → Вентиляция →
Модельные данные →
Распределение
гарантированных
расходов*

Неустойчивость движения воздуха не представляет опасности в сбоях между параллельными воздухоподающими, либо параллельными вентиляционными выработками, по которым воздух движется в одном направлении. Опасность представляют случаи, когда из-за опрокидывания воздушной струи в рабочие зоны начинает поступать загрязненный воздух.

В случае если опрокидывание струи воздуха является опасным, следует применить ряд мероприятий для их уменьшения. К таким мероприятиям относятся регулирование распределения воздуха за счет перемычек и изменение параметров работы вентиляторных установок.

Анализ энергоэффективности проветривания

Анализ распределения энергозатрат в горных выработках позволяет выявлять участки повышенного энергопотребления и трудно проветриваемые зоны.

Прежде всего нужно **оценить энергопотребление** главной вентиляторной установки. Затем необходимо **включить отображение энергетических затрат** на схеме.

Свойства →

Вентиляция

Вид → Вентиляция →

Затраты →

*Распределение
энергозатрат*

После чего следует выявить наиболее трудно проветриваемые выработки вентиляционной сети, энергозатраты на проветривание которых составляют 50 Вт на метр и более.

К мероприятиям по повышению энергоэффективности проветривания относятся регулирование режима работы вентиляторных установок, расчистка выработок, увеличение сечения выработок и проходка дополнительных выработок.

Следует учесть, что мероприятия по снижению сопротивления некоторых трудно проветриваемых выработок бывают нецелесообразными, например, увеличение

Разработка мероприятий по улучшению проветривания рабочих зон

В случаях, когда входящие расходы воздуха не соответствуют требуемым расходам, имеются рециркуляционные контуры или рабочие забои проветриваются последовательно, необходимо применить ряд мероприятий для регулирования распределения воздуха в руднике.

Все способы регулирования распределения воздуха подразделяются на положительные и отрицательные.

Положительными являются способы, не связанные с увеличением аэродинамического сопротивления выработок. К числу таких способов относятся: изменение параметров работы имеющихся вентиляторов, установка в выработках дополнительных источников тяги, изменение параметров выработок, приводящее к снижению сопротивления (увеличение площади поперечного сечения, уменьшение суммарной длины проветриваемых выработок, уменьшение шероховатости поверхности и проходка дополнительных выработок).

Положительное регулирование применяют для увеличения подачи воздуха в рудник или на отдельные трудно проветриваемые участки.

Отрицательные способы регулирования воздухораспределения приводят к увеличению аэродинамического сопротивления отдельных выработок и шахтной сети в целом. К числу таких

способов относятся: установка регуляторов (вентиляционные двери, паруса, глухие перемычки, перемычки с вентиляционным окном), изменения параметров имеющихся вентиляционных объектов, направленные на повышение их сопротивления, а также некоторые изменения параметров проветриваемых выработок (уменьшение площади поперечного сечения выработки, увеличение ее длины и шероховатости поверхности).

Отрицательное регулирование применяют для снижения утечек воздуха и изменения тракта его движения.

Первоначально выполняются мероприятия, направленные на подачу в рудник требуемого количества воздуха через воздухоподающие стволы. И только затем производятся мероприятия по его распределению в руднике.

Объем подаваемого в рудник воздуха зависит от производительности главных вентиляторных установок и поверхностных утечек воздуха через устья вентиляционных выработок и надшахтные здания.

В случае, когда поверхностные утечки превышают 10 % от производительности вентилятора, необходимо разработать мероприятия по герметизации устьев вентиляционных выработок и надшахтных зданий.

На практике через надшахтное здание скипового ствола сложно обеспечить утечки ниже 30 % производительности вентилятора.

Производительность вентилятора оказывают зависит от угла наклона лопаток, и скорости вращения рабочего колеса. Но на коэффициент полезного

В таком здании много технологических отверстий для движения сосудов.

действия влияет только угол установки лопаток.

Поэтому необходимо сначала **задаться углом наклона лопаток**, обеспечивающим максимальный коэффициент полезного действия вентиляторной установки, а затем **изменять скорость вращения** вентилятора до достижения требуемого расхода воздуха.

*Свойства →
Вентиляция*

После каждого редактирования параметров вентилятора необходимо **производить моделирование проветривания** для отслеживания изменений параметров работы вентилятора и распределения воздуха в руднике.

*Вентиляция →
Моделирование
проветривания*

Чтобы контролировать распределение воздуха в руднике, следует **включить отображение расходов воздуха** на схеме.

*Вид → Вентиляция →
Модельные данные →
Распределение
расходов воздуха*

В случае, когда максимально возможная производительность вентилятора не обеспечивает рудник требуемым расходом воздуха, следует разработать мероприятия по снижению сопротивления рудника или предложить замену главной вентиляторной установки.

Чтобы получить рабочую точку вентилятора и его аэродинамическую характеристику в редактируемом формате для вставки в отчет нужно **экспортировать характеристику вентилятора**.

*Свойства →
Вентиляция →
Экспорт в Excel*

Когда в рудник поступает требуемое количество воздуха, необходимо произвести перераспределение расходов, входящих на участки рудника. Для этого сначала следует исключить утечки воздуха внутри

рудника, установив глухие перемычки в выработках, по которым воздух проходит мимо участков, требующих проветривания. После чего нужно ограничить участки с избытком воздуха с помощью регулируемых перемычек с вентиляционным окном.

Чтобы ограничить движение воздуха через участок нужно **изменить параметры имеющихся вентиляционных объектов**, подобрав сечение вентиляционного окна. При необходимости можно **добавить новые вентиляционные объекты**.

*Свойства →
Вентиляция*

*Главная → Объекты
на выработках*

При выборе места установки перемычки следует учитывать технологическое назначение выработки. Средства регулирования лучше устанавливать на вентиляционных выработках, где нет конвейерного транспорта и движения самоходной техники.

После изменения параметров вентиляционных объектов на участках с избытком свежего воздуха следует произвести **расчет воздухораспределения** и оценить изменение количества воздуха на тех участках, где наблюдалась его нехватка. Кроме того, необходимо отслеживать, чтобы общее количество поступающего в рудник воздуха не уменьшилось ниже требуемого.

*Вентиляция →
Моделирование
проветривания*

Расчет распределения воздуха требуется производить после каждого добавления, удаления или изменения свойств вентиляционных объектов (вентиляторы, перемычки, завалы).

Таким образом, регулируя параметры вентиляционных перемычек и вентиляторных установок необходимо обеспечить все участки рудника требуемым количеством воздуха.

При правильном регулировании движения воздуха в руднике вентиляция самого трудно проветриваемого участка должна осуществляться без ограничивающих перемычек.

Для обеспечения воздухом трудно проветриваемых участков допускается применение вспомогательных вентиляторных установок.

Выбрав место возникновения пожара, режим проветривания и сколько времени прошло с начала аварии, можно **отобразить задымление** выработок.

[Аварии →](#)

[Показать задымление](#)

При необходимости можно открыть оперативную часть плана ликвидации аварии, привязанную к выбранной позиции.

АЭРОСЕТЬ

РАЗРАБОТАНА

В ПЕРМИ КОМАНДОЙ

ГОРНОГО ИНСТИТУТА

WWW.AEROSET.NET