

АЭРОСЕТЬ

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В
РУДНИКЕ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

14.11.2022



Содержание

Содержание.....	3
Введение.....	5
Требования к оформлению работы	7
Задание № 1 Корректировка модели рудника.....	10
Построение вскрывающего уклона.....	10
Задание климатических параметров	12
Задание № 2 Моделирование распределения тепла при работе дизельной техники.....	14
Добавление транспорта в рабочие зоны.....	14
Создание модели тепловыделения от работы дизельной техники	16
Анализ моделирования тепловыделения от работы дизельной техники.....	17
Задание № 3 Моделирование проветривания при пожаре.....	19
Добавление источника пожара.....	19
Создание модели пожара	20
Анализ влияния пожара на проветривание.....	21
Задание № 4 Моделирование влияния температуры атмосферного воздуха на проветривание.....	23

Создание модели естественной тяги.....	23
Анализ моделирования естественной тяги	25

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 с помощью моделирования в программе Аэросеть решать вентиляционные задачи, в которых нужно учитывать влияние тепловых факторов.

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. Для транспортировки руды планируется пройти вскрывающий уклон в борт карьера на отметку – 300 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-6М.

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 aeroiset.net.

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

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

Желаем вам успехов в решении вентиляционных задач!

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

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

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. Корректировка модели рудника.

Здесь необходимо описать ход корректировки модели и изменения в схеме проветривания рудника после появления новой вскрывающей выработки. Оформить графическую часть – актуализированную аксонометрическую схему рудника.

2. Моделирование распределение тепла при работе дизельной техники.

В этом разделе требуется описать ход построения модели проветривания при работе техники с двигателем внутреннего сгорания. Указать основные параметры модели. Описать влияние работающих машин с двигателем внутреннего сгорания на рудничный микроклимат. Привести комплекс мероприятий по обеспечению

допустимой температуры в рабочих зонах рудника.
Оформить графическую часть – результаты
моделирования мероприятий по обеспечению
допустимой температуры в зоне работы дизельной
техники.

3. Моделирование проветривания при пожаре.

Требуется описать ход построения модели для
расчета теплораспределения при пожаре. Указать
параметры модели. Описать влияние пожара на
проводимое проветривание выработок. Привести комплекс
предложенных мероприятий по снижению
воздействия пожара на проветривание выработок.
Оформить графическую часть – результаты
моделирования предложенных решений по
уменьшению зоны задымления и обеспечению
устойчивости проветривания при пожаре.

4. Моделирование влияния температуры атмосферного воздуха на проветривание.

В этом разделе необходимо описать ход
разработки модели, учитывающей сезонного
колебания температур атмосферы на
проводимое проветривание рудника. Привести таблицу с
распределением воздуха по вскрывающим
выработкам в зависимости от температуры
атмосферного воздуха. Описать предложенные
мероприятия по нормализации проветривания
рудника. Оформить графическую часть –
результаты моделирования технических решений
по предотвращению опрокидывания воздушной
струи.

В заключении следует описать основные результаты и выводы по работе.

Задание № 1

Корректировка модели рудника

Цель:

Скорректировать модель вентиляционной сети рудника для расчета проветривания с учетом тепловых факторов.

В предыдущем методическом пособии была разработана модель для расчета вентиляции рудника. В данном задании нужно ее скорректировать для того, чтобы можно было моделировать теплофизические процессы.

Задачи

1. Добавить в модель планируемую выработку и задать ее параметры.
2. Добавить в модель климатические параметры.

Исходные данные:

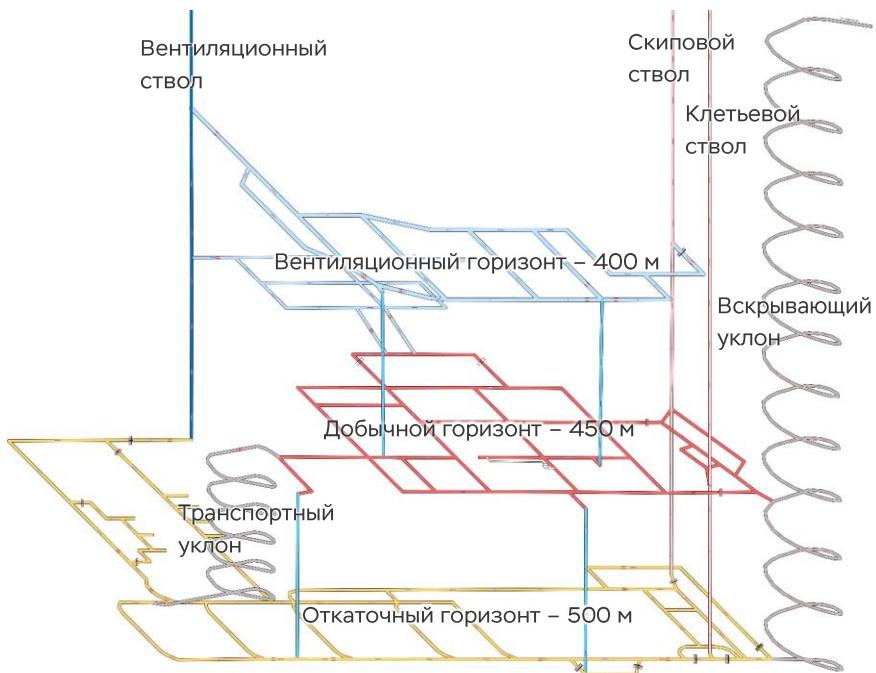
- Модель вентиляционной сети.
- Данные по температурам воздуха и породы.

Модель для выполнения заданий можно скачать с сайта

*[download.aeroSET.net
/model.erp](http://download.aeroSET.net/model.erp)*

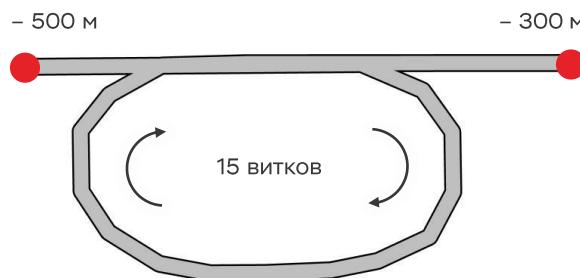
Построение вскрывающего уклона

На руднике планируется проходка новой вскрывающей выработки для транспортировки полезного ископаемого. Вскрывающий уклон связывает откаточный горизонт – 500 м и добычной горизонт – 450 м с бортом карьера, находящегося на высотной отметке – 300 м. Расположение вскрывающего уклона представлено на рисунке ниже.



Добавить вскрывающий уклон в модель лучше следующим образом. Сначала нужно **изменить тип проекции** на прямоугольную. И далее изобразить построить одну выработку с 15 витками, как показано на рисунке.

[Схема →](#)
[Tip проекции](#)



Таким способом строятся наклонные выработки сложной геометрии.

Конечным вершинам уклона следует **задать высотные отметки**. Сопряжение вскрывающего уклона с откаточным горизонтом имеет высотную отметку – 500 м. Устье этой выработки находится на отметке – 300 м.

[Свойства →](#)
[Параметры](#)

Обратите внимание на знак перед высотной отметкой – это минус.

Далее нужно **корректировать высотные отметки** промежуточных вершин. Вскрывающий уклон имеет сбойку с откаточным и добычным горизонтами.

[Общее →](#)
[Выровнять высоту](#)

Кроме того, в вершине устья вскрывающего уклона требуется **задать связь с атмосферой**.

[Свойства →](#)
[Параметры](#)

Для корректного учета добавленной выработки при расчете вентиляции ей необходимо **задать тип – транспортный уклон**.

[Свойства](#) –
[выработки →](#)
[Вентиляция](#)

После того как вскрывающий уклон изображен, нужно изменить тип проекции на косоугольную и **произвести расчет распределения воздуха**. Появление новой вскрывающей выработки изменит распределение воздуха в руднике.

[Вентиляция →](#)
[Моделирование](#)
[проветривания](#)

Для удобства анализа расчета следует **включить отображение расходов воздуха** и направлений его движения.

[Вид →](#)
[Модельные данные →](#)
[Распределение](#)
[расходов воздуха](#)

Задание климатических параметров

Для моделирования теплофизических процессов требуется внести температуры воздуха и пород во все вершины модели. Для этого необходимо **задать температуры воздуха** в выработках:

[Свойства →](#)
[Параметры](#)

Вентиляционный горизонт – 400 м	+12 °C
Вентиляционный горизонт – 445 м	+ 13 °C
Добычной горизонт – 450 м	+ 14 °C
Откаточный горизонт – 500 м	+ 16 °C

Далее следует задать температуру стенок выработок: [Свойства → Параметры](#)

Вентиляционный горизонт – 400 м	+ 10 °C
Вентиляционный горизонт – 445 м	+ 11 °C
Добычной горизонт – 450 м	+ 12 °C
Откаточный горизонт – 500 м	+ 14 °C

Температура воздуха в устьях вскрывающих выработок равняется + 12 °C. Температуру стенок в этих конечных вершинах нужно задать равной + 8 °C.

После внесения климатических параметров в модель на ее основе можно производить теплофизическое моделирование.

Задание № 2

Моделирование распределения тепла при работе дизельной техники

Цель:

Провести моделирование проветривания при работе дизельной техники в рабочих зонах и предложить мероприятия по обеспечению допустимой температуры в рабочих зонах.

После внесения в модель теплофизических параметров можно производить расчеты движения воздуха с учетом его температуры.

Задачи

1. Создать модель рудника с работой дизельной техники и задать её параметры.
2. Проанализировать влияние дизельной техники на температуру в рабочих зонах рудника.
3. Разработать мероприятия по обеспечению допустимой температуры в рабочих зонах.

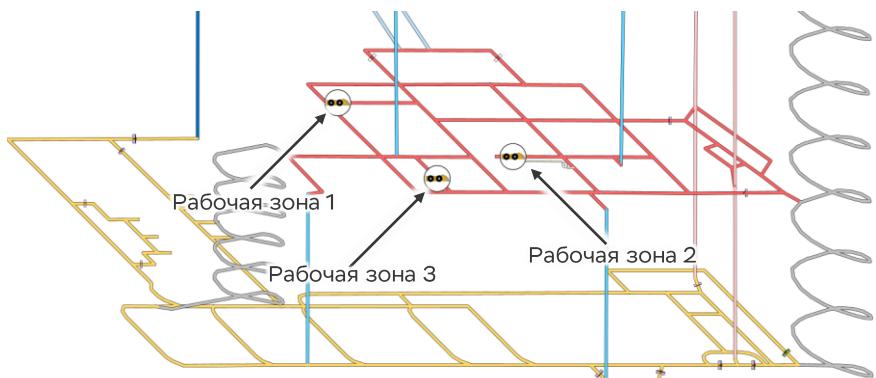
Исходные данные:

- Актуализированная модель вентиляционной сети.
- Технические данные рабочего оборудования.

Добавление транспорта в рабочие зоны

В рабочие зоны шахты необходимо добавить источники тепловыделения согласно рисунку, представленному ниже:

[Главная →](#)
[Объекты на выработках →](#)
[Самоходное дизельное оборудование](#)



Следующим шагом является выбор параметров автотранспорта.

Мощность транспортных средств в рабочих зонах нужно задать согласно вариантам, представленным в таблице:

Вариант	1	2	3	4	5
Рабочая зона 1	170 кВт	115 кВт	220 кВт	136 кВт	120 кВт
Рабочая зона 2	115 кВт	180 кВт	140 кВт	170 кВт	115 кВт
Рабочая зона 3	120 кВт	55 кВт	110 кВт	115 кВт	175 кВт

Расход топлива погрузочно-доставочных машин – 0,2 кг/кВт·ч. Тип используемого топлива – дизельное. Удельная теплота сгорания дизельного топлива – 42,7 МДж/кг.

Коэффициент использования транспортного средства принимается равным 30%.

Такой коэффициент означает машина в течение смены работает на полную мощность только 30 % времени.

Создание модели тепловыделения от работы дизельной техники

Требуется создать новую теплофизическую модель проветривания при работе дизельной техники.

[Теплофизика →](#)
[Создать модель](#)

Новой модели необходимо присвоить название и настроить ее параметры расчета. Шаг моделирования по времени – 30 секунд, а конечное время моделирования – 8 часов. Сохранение результатов нужно проводить через каждые 300 секунд.

Шаг по времени определяет частоту проведения расчетов модели. Чем меньше шаг, тем точнее результаты, но тем больше время расчета.

Далее следует настроить факторы, которые будут учитываться при расчете теплофизической модели:

- Вычислять расходы воздуха на каждом шаге;
- Сохранять температуру воздуха;
- Учитывать источники тепловыделений;
- Учитывать теплообмен со стенками;
- Учитывать гидростатическое сжатие воздуха.

Далее нужно провести **расчет теплофизической модели** с учетом влияния работы дизельной техники на проветривание шахты.

[Теплофизика →](#)
[Название модели →](#)
[Пересчитать](#)

После любого изменения параметров теплофизической модели необходимо обязательно производить перерасчет. Чтобы выполнить расчет или отредактировать параметры модели нужно нажать на стрелочку рядом с названием и выбрать необходимое действие.

Анализ моделирования тепловыделения от работы дизельной техники

После окончания расчета нужно **просмотреть результат моделирования.**

[Теплофизика →](#)
[Просмотр](#)

Необходимо провести анализ влияния тепловых выделений от двигателя внутреннего сгорания на микроклимат рудничной атмосферы.

Рассмотрев весь временной отрезок, равный одной смене, можно увидеть, что по мере увеличения времени работы дизельной техники, температура воздуха в выработке может сильно увеличиваться.

Согласно правилам безопасности:

«Температура воздуха в забоях подготовительных и очистных выработок и на рабочих местах с постоянным присутствием персонала не должна превышать 26 °C.»

В связи с этим, требуется предложить комплекс мероприятий по нормализации рудничного микроклимата при работе дизельной техники в шахте.

Первоочередным мероприятием по нормализации температурного режима в зоне работы горной машины является правильное распределение воздуха по выработкам и обеспечение каждой рабочей зоны требуемым количеством воздуха.

На одну погрузочно-доставочную машину мощностью 200 кВт требуется 12 м³/с воздуха.

Если распределение воздуха по выработкам не принесло нужного результата, то необходимо применить систему кондиционирования воздуха.

Охлаждение возможно производить как всего рудника целиком, так и локально – охлаждать рабочие зоны.

Мощность системы кондиционирования подбирается в зависимости от условий микроклимата рудника и теплофизических свойств породы.

Задание № 3

Моделирование проветривания при пожаре

Цель:

Провести моделирование пожара во вскрывающей наклонной выработке и рассмотреть его воздействие на проветривание рудника.

Пожары в наклонных выработках могут приводить нарушению вентиляции рудника и неожиданным зонам задымления. В данной работе нужно оценить опасность пожара в новой проектируемой выработке.

Задачи

1. Создать модель пожара и задать его параметры.
2. Провести анализ влияния пожара на проветривание рудника.
3. Разработать мероприятия по уменьшению зоны задымления и обеспечению устойчивости проветривания при пожаре.

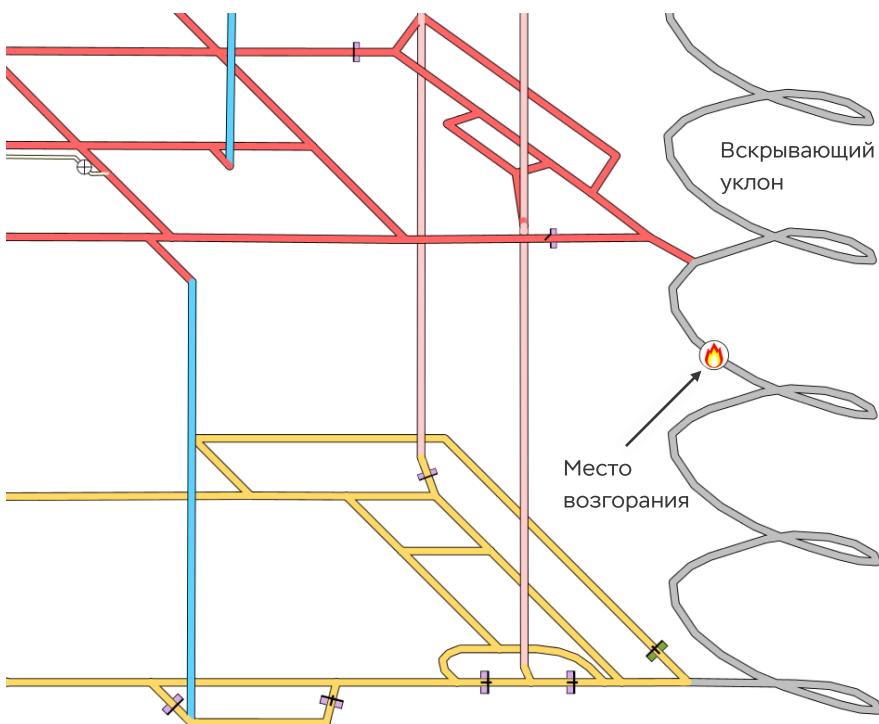
Исходные данные:

- Актуализированная модель вентиляционной сети.
- Информация о пожаре.

Добавление источника пожара

Необходимо внести источник пожара в модель на вскрывающий уклон согласно рисунку, представленному ниже:

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



Далее нужно задать параметры возгорания. Величина протяженности пожара составляет 50 м. Мощность следует задать согласно таблице, представленной ниже:

Для изменения параметров пожара необходимо левой кнопкой мыши нажать на значок возгорания.

Вариант	1	2	3	4	5
Мощность пожара	2,7 МВт	2,8 МВт	2,9 МВт	3,0 МВт	3,1 МВт

Создание модели пожара

Требуется создать новую теплофизическую модель проветривания при пожаре.

[Теплофизика →](#)
[Создать модель](#)

Далее необходимо новой модели присвоить название и настроить ее параметры. Конечное время моделирования – 6 часов, шаг моделирования по времени – 5 секунд.

Сохранение результатов проводить через каждые 300 секунд.

Далее нужно **настроить факторы**, которые будут учитываться при расчете теплофизической модели:

- Вычислять расходы воздуха на каждом шаге;
- Учитывать естественную тягу;
- Сохранять температуру воздуха;
- Учитывать источники тепловыделений;
- Учитывать источники газовыделения.

Далее нужно провести **расчет теплофизической модели** влияния пожара на проветривание шахты.

[Теплофизика →](#)
[Название модели →](#)
[Пересчитать](#)

Анализ влияния пожара на проветривание

По окончании расчета модели можно **просмотреть результаты** и провести анализ воздействия пожара на проветривание рудника.

[Теплофизика →](#)
[Просмотр](#)

Для начала следует **включить отображение задымления** и температур. Результаты моделирования в течение времени можно посмотреть, изменяя положение бегунка в нижней части окна.

[Теплофизика →](#)
[Режимы](#)
[отображения →](#)
[Задымление](#)

Кроме того, можно ознакомиться с результатами моделирования в конкретной выработке. Для

получения графиков с результатами моделирования, нужно нажать два раза левой кнопкой мыши на требуемую выработку.

Можно выделить две основные проблемы, на которые стоит обращать внимание при возникновении возгорания в шахте – это распространение задымления по выработкам и возникновение опрокидывания струи воздуха.

Рассматривая разные моменты времени после возникновения возгорания, на модели можно увидеть, как будет распространяться тепло, выделенное от пожара, и задымление по выработкам.

После анализа результатов моделирования нужно промоделировать и, при необходимости, предложить мероприятия по повышению устойчивости проветривания при пожаре в наклонной выработке.

Задание № 4

Моделирование влияния температуры атмосферного воздуха на проветривание

Цель:

Провести анализ влияния сезонного колебания температур на проветривание рудника и предложить комплекс мероприятий по устранению возможных проблем.

Задачи

1. Создать модель, учитывающую сезонное колебание температур атмосферы и задать ее параметры.
2. Проанализировать распределение воздуха по вскрывающим выработкам.
3. При необходимости предложить мероприятия по устранению влияния температуры атмосферного воздуха.

Исходные данные:

- Актуализированная модель вентиляционной сети.
- Данные по климатологии для регионов.

Создание модели естественной тяги

При разных высотных отметках вскрывающих выработок изменение температуры атмосферного

воздуха может вызвать такое явление, как естественная тяга.

Под естественной тягой воздуха следует понимать самостоятельное движение воздуха, возникающее из-за разности давления столбов воздуха в сообщающихся выработках.

Для начала работы требуется **включить вычисление естественной тяги и задать температуру атмосферы**.

[Вентиляция →](#)
[Моделирование проветривания →](#)
[Настройте параметры](#)

В таблице, представленной ниже, находятся климатологические данные по регионам России в разные времена года. Нужно выбрать город согласно своему варианту и задать температуру атмосферы.

Город	Температура воздуха с 95 % обеспеченностью		Предельная температура воздуха		Средняя температура воздуха	
	зима	лето	зима	лето	зима	лето
1. Пермь	– 35 °C	+ 23 °C	– 42 °C	+ 38 °C	– 32 °C	+ 21 °C
2. Мурманск	– 33 °C	+ 16 °C	– 39 °C	+ 33 °C	– 30 °C	+ 17 °C
3. Норильск	– 50 °C	+ 16 °C	– 57 °C	+ 32 °C	– 47 °C	+ 18 °C
4. Оренбург	– 34 °C	+ 27 °C	– 43 °C	+ 42 °C	– 32 °C	+ 29 °C
5. Якутск	– 55 °C	+ 23 °C	– 64 °C	+ 38 °C	– 52 °C	+ 25 °C

Кроме того, необходимо **задать температуру воздуха в вершинах, которые являются устьями воздухоподающих выработок**.

[Свойства →](#)
[Параметры](#)

При моделировании проветривания рудника в зимнее время требуется изменить значения температуры

воздуха в устьях вскрывающих выработок на +2 °C. Это минимальная температура, которую должны обеспечивать калориферные установки.

После каждого изменения температуры атмосферного воздуха следует произвести **расчет воздухораспределения** и оценить распределение воздуха по вскрывающим выработкам.

*Вентиляция →
Моделирование
проветривания*

Анализ моделирования естественной тяги

В ходе анализа следует внимательно изучить схему и рассмотреть распределение воздуха по вскрывающим выработкам при разных температурах атмосферы.

Колебание температуры атмосферного воздуха может привести к опрокидыванию струи в воздухоподающих выработках и нарушению процесса проветривания рудника. В этом случае требуется смоделировать и предложить мероприятия для предотвращения опрокидывания струи воздуха.

АЭРОСЕТЬ

РАЗРАБОТАНА

В ПЕРМИ КОМАНДОЙ

ГОРНОГО ИНСТИТУТА

WWW.AEROSET.NET