Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
по безопасности работ в горной промышленности
МакНИИ

МЕТОДИКА ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ВЫРАБОТОК С ИСХОДЯЩЕЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СТРУЕЙ ВОЗДУХА

Макеевка—Донбасс
1981

gost.e-ecolog.ru

Министерство угольной промышленности СССР

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МАКЕЕВСКИЙ ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ
В ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МакНИИ

УТВЕРЖДЕНО
Министерством угольной промышленности
СССР
25 декабря 1980 г.

М Е Т О Д И К А

теплового расчета выработок с исходящей вентиляционной струей воздуха

Макеевка-Донбасс
1981

УДК 622.413.3:536.244

Методика является руководящим материалом для прогнозирования температурных условий в выработках с исходящей струей воздуха, проветриваемых за счет общешахтной депрессии.

Методика разработана на основе результатов научно-исследовательских работ, выполненных МакНИИ и Новочеркасским политехническим институтом, а также обобщения ранее выполненных исследований и анализа действующих нормативных документов по вопросам прогнозирования тепловых условий в глубоких шахтах.

В методике приведены указания по выбору исходных данных для тепловых расчетов выработок, классификация схем проветривания выемочных участков по тепловому фактору, зависимости для расчета температуры утечек воздуха из выработанного пространства выемочных участков и для прямых и обратных расчетов температуры воздуха в выработках с исходящей вентиляционной струей.

Методика предназначена для проектных организаций, инженерно-технических работников угольных предприятий и научно-исследовательских институтов, занимающихся вопросами прогноза и регулирования теплового режима шахт.

Ответственный за выпуск канд.техн.наук Кузин В.А.
Ротапринт МакНИИ.Заказ № 217 - 120 экз.
Подп.к печати 02.06.81г. БП 00853.
г.Макеевка Донецкой обл.,Лихачева,60

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Основные условные обозначения	4
I. Назначение и область применения методики	6
2. Определение исходных данных	8
3. Расчет коэффициентов нестационарного теплообмена между горным массивом и воздухом в выработках	I8
4. Расчет температуры утечек воздуха из выработанного пространства выемочных участков	20
5. Расчет температуры воздуха в вентиляционных выработках	22
6. Пример теплового расчета	29
Литература	42
Приложение. Парциальное давление насыщенного водяного пара при различных температурах	43

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

a - коэффициент температуропроводности, $м^2/с$;
A - фактор теплообмена;
c - коэффициент удельной массовой теплоемкости, Дж/(кг.^{0}С);
d - фактор влагосодержания;
G - массовый расход воздуха, кг/ч;
H - глубина от поверхности расчетного пункта выработки, м;
l - длина выработки, м;
m - вынимаемая мощность угольного пласта, м;
P - барометрическое давление воздуха, Па;
p_n - парциальное давление водяных паров в воздухе, Па;
Q - объемный расход воздуха, $м^3$/мин;
S - площадь поперечного сечения выработки, $м^2$;
U - периметр среднего по длине расчетного участка сечения выработки, м;
τ - время проветривания, ч;
t - температура воздуха, ^{0}С;
$t_{тр}$ - температура подвижного агента в трубопроводе, ^{0}С;
α - коэффициент теплоотдачи от поверхности выработки к воздуху, Вт/($м^2.^0$С);
φ - относительная влажность воздуха;
γ - геотермический градиент, ^{0}С/м;
ρ - плотность, кг/$м^3$;
λ - коэффициент теплопроводности, Вт/(м.^{0}С);
δ - толщина крепи, м;
ψ - угол наклона выработки, град.

Индексы:

δ - относящийся к бутовой полосе;
в.п. - относящийся к выработанному пространству;
доп. - относящийся к дополнительной выработке;
кр - относящийся к крепи;
л - относящийся к лаве;
м.и. - относящийся к местным источникам тепловыделения;
п - относящийся к породному массиву;

$пр$ - относящийся к притекающему из выработанного пространства воздуху;
$ср$ - среднее значение параметра;
$ут$ - относящийся к утечкам воздуха в выработанное пространство;
$уч$ - относящийся к выемочному участку;
$т$ - относящийся к транспортируемому ископаемому;
$т_{тр}$ - относящийся к трубопроводу с теплоносителем;
$х_{тр}$ - относящийся к трубопроводу с холодоносителем;
1 - начальный пункт расчетного участка;
2 - конечный пункт расчетного участка;

Критерии:

Bi - критерий Био;
Fo - критерий Фурье.

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ

Отработка запасов угля на большой глубине связана с неблагоприятными тепловыми условиями в горных выработках шахт. Работа в условиях повышенных температур отрицательно сказывается на состоянии техники безопасности, здоровьи горнорабочих и ведет к резкому снижению производительности труда.

Наиболее тяжелые климатические условия наряду с очистными и подготовительными забоями глубоких шахт складываются в выработках с исходящей вентиляционной струей, в которых трудится значительное число горнорабочих.

Для решения вопросов нормализации микроклимата вентиляционных выработок как применением горнотехнических мероприятий, так и с помощью холодильных установок необходимо иметь научно обоснованные методы тепловых расчетов рудничного воздуха. Прогноз тепловых условий в выработках с исходящей струей необходим также для расчета водо- и воздухоохладительных устройств систем кондиционирования воздуха в шахтах с подземным отводом тепла конденсации холодильных машин и расчета индивидуальных средств охлаждения горнорабочих, находящихся вне зоны общешахтного кондиционирования. Тепловые расчеты выработок основных маршрутов со свежей и исходящей струями необходимы при определении естественной тяги шахты.

Советской школой горной теплофизики и трудами зарубежных исследователей созданы теоретические основы прогноза теплового режима глубоких шахт и рудников. На их базе разработаны методы теплового расчета воздуха в горных выработках шахт от поверхности до выхода из лав, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, а также тупиковых выработок, проветриваемых с помощью вентиляторов местного проветривания.

Однако до настоящего времени отсутствовали надежные методы прогнозирования температурных условий в выработках вентиляционных горизонтов шахт, что потребовало проведения комплекса теоретических и шахтных исследований тепловых процессов в них.

Настоящая методика разработана в соответствии с тематическим планом научно-исследовательских работ МакНИИ и является дополнением к "Единой методике прогнозирования температурных условий в угольных шахтах", утвержденной в качестве нормативного документа Минуглепромом СССР 29 декабря 1978 г. Область применения методики распространяется на глубокие угольные шахты Донецкого бассейна, отрабатывающие пологие пласты с управлением кровлей полным обрушением.

Методика является руководящим материалом для проектных организаций, занимающихся разработкой проектов новых и реконструируемых шахт, подготовки новых горизонтов и участков действующих шахт, а также для специалистов угольных предприятий и научно-исследовательских институтов, занимающихся вопросами прогноза и регулирования теплового режима шахт.

В разработке методики принимали участие: к.т.н. Кувин В.А., инж. Пучков М.М., Мартынов А.А., Костина Г.П. (МакНИИ), к.т.н. Фандеев М.И. (НПИ).

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

2.I. Прогноз температурных условий в выработках с исходящей струей воздуха производится, как правило, после выполнения тепловых расчетов для воздухоподающих выработок, очистных и подготовительных забоев согласно рекомендациям"Единой методики прогнозирования температурных условий в угольных шахтах" [I].

2.2. Геометрические параметры выработки (длина L , м, площадь поперечного сечения в свету S , $м^2$) принимаются по данным технологических проектов или шахтных замеров.

2.2.I. Периметр поперечного сечения выработки в свету U ,м, определяется по формулам [I] :

для трапециевидной формы выработки

$$U = 4{,}16\sqrt{S}\,; \qquad (2.I)$$

для выработок, закрепленных арочной крепью

$$U = 3{,}8\sqrt{S}. \qquad (2.2)$$

2.3. Эквивалентный радиус выработки R_o ,м, определяется из выражения [I] :

$$R_o = \frac{2S}{U} \quad . \qquad (2.3)$$

2.4. Расход и распределение воздуха по выработкам в зависимости от назначения тепловых расчетов принимаются по результатам шахтных замеров или определяются по проекту вентиляции шахты . При необходимости производится расчет в соответствии с "Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт" [2] и " Дополнениями к руководству ..." [3] .

2.4.I. Величина утечек воздуха через выработанное пространство очистного забоя $Q_{ут}$, $м^3$/мин, определяется по формуле:

$$Q_{ут} = Q_{уч}\left(1 - \frac{1}{K'_{ут.в.}}\right), \qquad (2.4)$$

где $Q_{уч}$ – количество воздуха, подаваемое на выемочный участок, м³/мин; определяется по данным шахтных замеров или рассчитывается согласно рекомендациям [2,3];

$$K'_{ут.в.} = 1 + (K_{ут.в.} - 1) K_{ут.п.}, \qquad (2.5)$$

где $K_{ут.в.}$ – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство; принимается по табл. 2.1 [2,3] в зависимости от схемы проветривания (рис.2.1) и состава пород непосредственной кровли;

$K_{ут.п.}$ – коэффициент, зависящий от способа поддержания выработки; принимается по табл. 2.2 [2,3].

2.4.2. Количество воздуха, притекающего из выработанного пространства в вентиляционную выработку, $Q_{ут.в.}$, м³/мин, рассчитывается по формуле

$$Q_{ут.в.} = Q_{ут} (1 - K_{ут.л.}), \qquad (2.6)$$

где $K_{ут.л.}$ – коэффициент, учитывающий поступление воздуха из выработанного пространства в лаву [3].

Для схем проветривания выемочных участков с выдачей исходящей струи воздуха на выработанное пространство (1а,1б,3а,4б), если вентиляционная выработка поддерживается кострами, бутокострами, бутовой полосой с окнами (каналами) или сплошной бутовой полосой шириной до 5 м, $K_{ут.л.}$ =0. Если для поддержания вентиляционной выработки выкладывается сплошная бутовая полоса шириной более 5 м, $K_{ут.л.}$ принимается в зависимости от ее ширины $l_б$, м, из табл. 2.3 [3].

При схемах типа 3а,4б, если для поддержания вентиляционной выработки используется сплошная бутовая полоса шириной более 5 м, значения $K_{ут.л.}$ уменьшаются на величину $0,2 \cdot \frac{Q_{доп.}}{Q_{уч}}$, где $Q_{доп.}$ – количество воздуха в дополнительной выработке, м³/мин.

Для схем 3б, 4а $K_{ут.л.}$ определяется по формуле [3]:

$$K_{ут.л.} = b + 0,12 \frac{Q_{доп.}}{Q_{уч}}, \qquad (2.7)$$

Таблица 2.I

Значения коэффициента $K_{ут.в.}$, учитывающего утечки воздуха через выработанные пространства при управлении кровлей полным обрушением

Схемы проветривания выемочных участков				Значения коэффициента $K_{ут.в.}$		
Наименование схемы проветривания	Индекс схемы	По классификации "Руководства..." [2]		Породы непосредственной кровли		
		Тип, подтип, класс	Вариант	Глинистый сланец	Песчанистый сланец	Песчаник
I	2	3	4	5	6	7
Возвратноточная с направлением исходящей струи в сторону выработанного пространства	Iа	I-В-Н	а,в,д,ж	I,40	I,55	I,70
Прямоточная с направлением исходящей струи в сторону выработанного пространства	Iб	I-В-Н	б,г,е,з	I,30	I,40	I,55
Возвратноточная с направлением исходящей вентиляционной струи в сторону целика	2а	I-М-Н	а,в,д,ж	I,25	I,30	I,40
Прямоточная с направлением исходящей вентиляционной струи в сторону целика	2б	I-М-Н	б,г,е,з	I,25	I,30	I,40

Продолжение таблицы 2.I

I	2	3	4	5	6	7
Возвратноточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны целика	3а	2-В-Н	в,ж,н	I,55	I,70	I,80
Прямоточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны выработанного пространства	3б	2-М-Н	в,к,р	I,25	I,30	I,40
Возвратноточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны выработанного пространства	4а	2-М-Н	а,г,з,м	I,25	I,30	I,40
Прямоточная с подсвежением вентиляционной струи со стороны целика	4б	2-В-Н	а,к,с	I,55	I,70	I,80

Примечание. Если непосредственная кровля состоит из нескольких отдельных породных пластов, то при определении принимается наиболее мощный из них в этой толще.

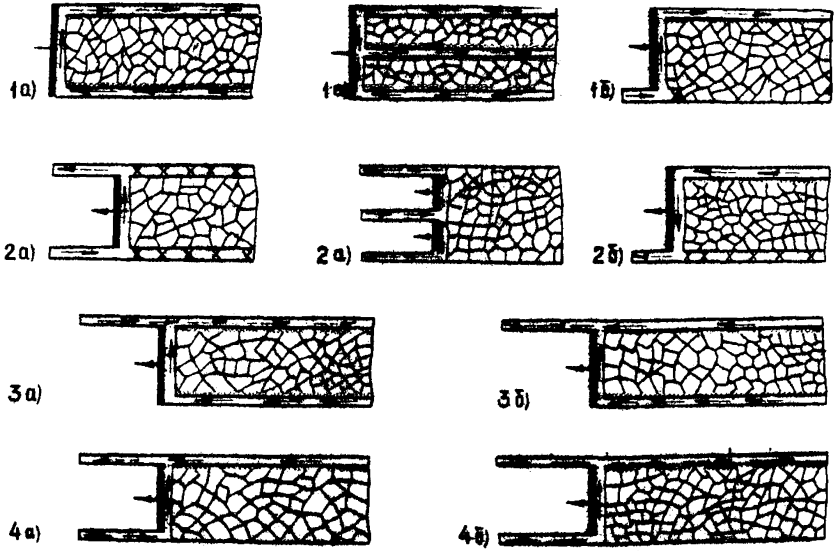

Рис. 2.I. Классификация схем проветривания выемочных участков

где β - величина, зависящая от способа поддержания вентиляционной выработки.

Если вентиляционная выработка поддерживается кострами, бутокострами, бутовой полосой с окнами или бутовой полосой шириной до 5м, β = 0,3. Если вентиляционная выработка поддерживается сплошной бутовой полосой шириной более 5 м, значение β принимается из табл. 2.4 [3] .

2.4.3. Количество воздуха, поступающего в исходящую вентиляционную струю из обособленно проветриваемых камер, определяется по результатам шахтных замеров или рассчитывается согласно [2] .

Величина утечек воздуха со свежей на исходящую вентиляционную струю через вентиляционные сооружения определяется по результатам шахтных замеров, а при проектировании рассчитывается согласно норм утечек воздуха через вентиляционные сооружения [2].

Таблица 2.2

Значения коэффициента $K_{ут.п.}$ при различных способах охраны выработок

Способ охраны выработки	Значения $K_{ут.п.}$
Костры	I,45
Бутокостры и бутовые полосы шириной менее 4 м	I,I0
Бутовые полосы с окнами	I,05
Бутовые полосы шириной 4-6 м	I,00
Бутовые полосы шириной 7-10 м	0,90
Бутовые полосы шириной II-I5 м	0,80
Бутовые полосы шириной I6-20 м	0,70

Таблица 2.3

Значения коэффициента $K_{ут.п}$ в зависимости от ширины бутовой полосы

$l_б$, м	6	7	9	I2	I6	Более I6
$K_{ут.п.}$	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	I,0

Таблица 2.4.

Значения коэффициента β в зависимости от ширины бутовой полосы

$l_б$, м	6	7	9	I2	более I2
β	0,4	0,6	0,7	0,8	I,0

2.5. Барометрическое давление воздуха в горной выработке Р,Па, определяется по формуле:

$$P = P_o + 12{,}0\,H, \qquad (2.8)$$

где P_o - среднемесячное давление воздуха, поступающего в шахту;
H - средняя глубина залегания выработки от поверхности.

2.6. Относительная влажность воздуха φ в вентиляционных выработках принимается по данным тепловой съемки. При проектировании относительную влажность рекомендуется принимать по данным табл. 2.5.

Таблица 2.5.

Значения относительной влажности воздуха в выработках с исходящей струей

Тип выработки, ее влажностная характеристика	Относительная влажность
I	2
Участковая вентиляционная выработка (у сопряжения с лавой)	
сухая	0,70
с влажной почвой, стенки сухие	0,80
влажная	0,92
Участковая вентиляционная выработка (у сопряжения с капитальной вентиляционной выработкой)	
сухая	0,74
с влажной почвой, стенки сухие	0,87
влажная	0,95

продолжение табл. 2.5

I	2
Капитальная (групповая) вентиляционная выработка (у сопряжения с вентиляционным стволом)	
с влажной почвой, стенки сухие	0,89
влажная	0,97
Вентиляционный ствол	I,00

2.7. Относительная влажность притекающего из выработанного пространства воздуха $\varphi_{пр}$ определяется в зависимости от влажностной характеристики лавы по формулам:

при $\varphi_{л_2} < \varphi_{л_1}$

$$\varphi_{пр} = 0{,}58\,\varphi_{ут} + 0{,}24\ ; \qquad (2.9)$$

при $\varphi_{л_2} \geq \varphi_{л_1}$

$$\varphi_{пр} = 0{,}5I\,\varphi_{ут} + 0{,}47, \qquad (2.I0)$$

где $\varphi_{л_1}$, $\varphi_{л_2}$ – значения относительной влажности воздуха соответственно в начале и в конце лавы. Принимаются по данным шахтных замеров. При проектировании $\varphi_{л_2}$ определяется по формуле:

$$\varphi_{л_2} = \varphi_{л_1} + \frac{L_л}{100}\,\xi_{100}\ , \qquad (2.II)$$

где $L_л$ – длина лавы, м;

ξ_{100} – приращение относительной влажности воздуха на I00 м длины лавы, $м^{-I}$. Значения $\varphi_{л_1}$ и ξ_{100} принимаются по данным табл. 2.6 [I].

Таблица 2.6.

Значения $\varphi_{л_1}$ и ξ_{100} в зависимости от влажностной характеристики лавы и характера производственных процессов в ней

Влажностная характеристика лавы	Относительная влажность воздуха на входе в лаву $\varphi_{л_1}$		Величина изменения ξ_{100} на 100 м длины лавы	
	Добычная смена	Ремонтная смена	Добычная смена	Ремонтная смена
"Сухая"	0,70	0,74	0,04	-0,02
"Влажная"	0,88	0,89	0,03	0,025

К "влажным" относятся лавы и выработки с повышенной естественной влажностью угольного пласта (более 5%), кровля или почва которых представлена породами, насыщенными гравитационной водой (капиллярной или свободной), или породами, обладающими большой водопроводящей или водоотдающей способностью (например, известняками).

$\varphi_{ут}$ - значение относительной влажности утечек воздуха. При схемах проветривания 1а,2а,2б,3а,3б,4а $\varphi_{ут}$ принимается равным значению относительной влажности воздуха в воздухоподающей выработке перед лавой. При схемах проветривания 1б,4б $\varphi_{ут}$ определяется по формуле:

$$\varphi_{ут} = 0{,}5 \left(\varphi_{л_2} + \varphi_{л_1} \right). \qquad (2.12)$$

2.8. Естественная температура горного массива в выработке определяется согласно рекомендациям п. I.I.9 "Единой методики ..." [I].

2.9. Теплофизические характеристики горных пород - коэффициенты температуропроводности a, теплопроводности λ и теплоемкости единицы объема C - определяются в результате специальных иссле-

дований или принимаются по данным, приведенным в табл. 2.7 [I].

Таблица 2.7.

Средние значения теплофизических характеристик горных пород для условий Донбасса

Породы	Теплофизические характеристики		
	$a \cdot 10^7$, $м^2/с$	λ, $Вт/(м.^oС)$	$c \cdot 10^{-6}$ $Дж/(м^3.^oС)$
Песчаник	12,28	2,56	2,084
Глинистый или песчанистый сланец	7,60	1,77	2,324
Уголь	2,01	0,29	1,451
Известняк	4,47	0,98	2,20

В случае, когда выработку окружает неоднородный массив, при расчетах используются средневзвешенные по периметру значения теплофизических характеристик горных пород [I].

2.10. Массовый расход сухой части воздуха G, кг/ч, рассчитывается по формуле

$$G = 60 \rho_\rho Q , \qquad (2.13)$$

где ρ_ρ – плотность воздуха, $кг/м^3$;

$$\rho_\rho = 3{,}483 \cdot 10^{-3} \frac{P - \varphi_{ср} \rho_н^{ср}}{273 + t} , \qquad (2.14)$$

$\varphi_{ср}$ – среднее значение относительной влажности воздуха в выработке;

$\rho_н^{ср}$ – среднее парциальное давление насыщенных водяных паров в диапазоне изменения температуры воздуха в выработке.

Определяется по приложению или табл. 4.1, 5.1.

t – температура воздуха в выработке.

2.II. Расчет тепловыделений от местных источников тепла в вентиляционных выработках производится согласно разделу I.2 "Единой методики прогнозирования температурных условий в угольных шахтах" [I] .

3. РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ ГОРНЫМ МАССИВОМ И ВОЗДУХОМ В ВЫРАБОТКАХ

3.I. Коэффициент нестационарного теплообмена K_τ , Вт/(м^2.°С), в выработках, проветриваемых более года, определяется из зависимости [4]:

$$K_\tau = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{2\alpha R_0}} \left[\frac{\lambda}{2R_0} + \frac{\lambda}{60\sqrt{\pi a \tau}\left(1 + \frac{\lambda}{2\alpha R_0}\right)} \right], \qquad (3.I)$$

где α - коэффициент теплоотдачи от поверхности горной выработки, Вт/(м^2.°С);

$$\alpha = 2{,}33\, \xi_ш (\rho_р v)^{0{,}8} \left(\frac{U}{S}\right)^{0{,}2}, \qquad (3.2)$$

где $\xi_ш$ - коэффициент, учитывающий влияние шероховатости обнаженных поверхностей на интенсивность теплообмена; его значение принимается: для выработок с монолитной бетонной крепью $\xi_ш$=I ; для выработок с металлической, железобетонной и деревянной крепью со сплошной затяжкой $\xi_ш$= I,5; с той же крепью, но без затяжки $\xi_ш$=2 ;

v - средняя скорость движения воздуха в выработке, м/с;

$$v = \frac{Q}{60\,S} . \qquad (3.3)$$

Для выработки, закрепленной всплошную (кирпич, бетон. дерево), коэффициент теплоотдачи α заменяется коэффициентом теплопередачи K', учитывающим влияние крепи на теплообменный процесс:

$$K' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_{кр}}{\lambda_{кр}}}, \qquad (3.4)$$

где $\delta_{кр}$ – толщина крепи; принимается по проекту;

$\lambda_{кр}$ – коэффициент теплопроводности крепи, Вт/(м.°С); для дерева $\lambda_{кр}$ = 0,107, для бетона $\lambda_{кр}$ = 1,279 и для кирпича $\lambda_{кр}$ = 0,265 Вт/(м.°С);

τ – расчетное время теплообмена между породным массивом и воздухом.

$$\tau = \frac{\tau_1 + \tau_2 + 2\sqrt{\tau_1 \tau_2}}{4}, \qquad (3.5)$$

где τ_1, τ_2 – соответственно время проветривания начала и конца расчетного участка выработки.

При интенсивном испарении влаги со стенок выработки (мокрые выработки) [4]:

$$K_\tau = \frac{\lambda}{2R_o} + \frac{\lambda}{60\sqrt{\pi a \tau}}, \qquad (3.6)$$

3.2. Коэффициент нестационарного теплообмена в выработках, проветриваемых менее года, рассчитывается по зависимости [4]

$$K_\tau = \alpha\left[1 - \frac{Bi}{Bi'} f(z)\right], \qquad (3.7)$$

где

$$Bi = \frac{\alpha R_o}{\lambda}; \qquad (3.8)$$

$$Bi' = Bi + 0{,}375; \qquad (3.9)$$

$$z = Bi'\sqrt{Fo}; \qquad (3.10)$$

$$F_o = 3600 \frac{a\tau}{R_o^2}, \qquad (3.11)$$

$f(\xi)$- функция обобщенного числа гомохронности.
Значения функции $f(\xi)$ определяются по формулам:

$$f(\xi) = \frac{1,0774\,\xi - 0,0064}{\xi + 0,8773} \quad \text{при } 0 < \xi \leq 2; \qquad (3.12)$$

$$f(\xi) = \frac{1,0011\,\xi - 0,2575}{\xi + 0,3406} \quad \text{при } 2 < \xi \leq 30; \qquad (3.13)$$

$$f(\xi) = 1 - \frac{0,56}{\xi} \quad \text{при } \xi > 30. \qquad (3.14)$$

4. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА, ПРИТЕКАЮЩЕГО ИЗ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ

4.1. Температура притекающего из выработанного пространства воздуха определяется по формуле :

$$t_{пр} = (\Gamma + V A_{пр})^{-1} \left[(\Gamma J + V A_{ут}) t_{ут} + V(\Gamma t_{в.п.} + E_{пр}) \right], \qquad (4.1)$$

$$V = 1 - J; \qquad (4.2)$$

$$J = \exp(-\Gamma); \qquad (4.3)$$

$$A_{пр} = \frac{1542\, n_{пр} \varphi_{пр}}{P_{пр} - P_н^{ср}}; \qquad (4.4)$$

$$A_{ут} = \frac{1542\, n_{ут}\, \varphi_{ут}}{P_{ут} - \rho_н^{ср}}\ ; \qquad (4.5)$$

$$E_{пр} = A_{пр}\, \varepsilon_{пр} - A_{ут}\, \varepsilon_{ут}\ , \qquad (4.6)$$

где Γ - фактор теплообмена. Его значение определяется из зависимости:

$$\Gamma = K_{сх} \left(\frac{m}{G_{ут}}\right)^{0,2} L_л^{0,44} v_л^{0,44}\ , \qquad (4.7)$$

где $K_{сх}$ - коэффициент, учитывающий влияние схемы проветривания. Принимается равным:

- для схем проветривания Iа,3а

  $K_{сх} = 0,22$;
- для схем проветривания Iб,2б,3б,4б

  $K_{сх} = 0,I7$;
- для схем проветривания 2а,4а

  $K_{сх} = 0,I0$;

m - вынимаемая мощность пласта, м ;

$v_л$ - скорость подвигания лавы, м/сутки;

$n, \varepsilon, \rho_н^{ср}$ - коэффициенты, принимаемые по табл. 4.I [4] в зависимости от данного для $t_{ут}$ и ожидаемого для $t_{пр}$ диапазонов изменения температуры воздуха.

Таблица 4.I

Значения коэффициентов n , ε , $\rho_н^{ср}$ для различных диапазонов изменения температуры воздуха

Диапазон изменения температуры воздуха, °С	Значения коэффициентов n, Па/°С	ε, °С	$\rho_н^{ср}$, Па
I	2	3	4
6-I0	70,7	-7,3	I053
II-I5	95,3	-2,8	I466
I6-20	I26,0	-I,6	2026
2I-25	I68,0	6,2	2746
26-30	2I3,3	I0,3	3700

продолжение табл. 4.I

I	I	2	3	4
3I-35		276,6	I4,8	4930
36-40		353,2	I9,2	6530
4I-45		437,2	23,2	8530

$t_{ут}$ - температура утечек воздуха.

При схемах проветривания Iа,2а,2б,3а,3б,4а $t_{ут}$ принимается равной значению температуры воздуха в воздухоподающей выработке перед лавой.

При схемах проветривания Iб,4б $t_{ут}$ определяется из выражения:

$$t_{ут} = 0,84\, t_{л_2} + 0,I6\, t_{л_1}, \qquad (4.8)$$

где $t_{л_1}, t_{л_2}$ - соответственно температура воздуха в начале и конце лавы;

$t_{в.п.}$ - начальная температура обрушенных пород выработанного пространства. Ориентировочно ее значение определяется по формуле:

$$t_{в.п.} = t_{п_л} - 0,2 \left(t_{п_л} - \frac{t_{л_1} + t_{л_2}}{2} \right), \qquad (4.9)$$

где $t_{п_л}$ - среднее значение температуры пород в лаве.

5. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫРАБОТКАХ

5.I. Температура t_1 и относительная влажность воздуха φ_1 в начале вентиляционной выработки находится из выражений:

- при схемах проветривания 2а, 2б, 3а и 4б

$$t_1 = \frac{G_л t_{л2} + G_{ут(доп.)} t_{пр(доп.)}}{G_л + G_{ут(доп.)}}; \qquad (5.1)$$

$$\varphi_1 = \frac{G_л \varphi_{л2} + G_{ут(доп.)} \varphi_{пр(доп.)}}{G_л + G_{ут(доп.)}}; \qquad (5.2)$$

- при схемах проветривания 3б, 4а

$$t_1 = \frac{G_л t_{л2} + G_{ут} t_{пр} + G_{доп.} t_{доп.}}{G_л + G_{ут} + G_{доп.}}; \qquad (5.3)$$

$$\varphi_1 = \frac{G_л \varphi_{л2} + G_{ут} \varphi_{пр} + G_{доп.} \varphi_{доп.}}{G_л + G_{ут} + G_{доп.}}, \qquad (5.4)$$

где $t_{л2}$ и $\varphi_{л2}$ - соответственно температура и относительная влажность воздуха в конце лавы;

$G_л$ - количество воздуха, проходящее по лаве;

$t_{доп.}$ и $\varphi_{доп.}$ - соответственно температура и относительная влажность воздуха в дополнительной выработке;

$G_{доп.}$ - количество воздуха в дополнительной выработке.

При схемах проветривания 1а, 1б температура и относительная влажность воздуха в начале вентиляционной выработки принимаются равной значениям этих параметров в конце лавы.

5.2. Расчет температуры воздуха в участковых вентиляционных выработках при схемах проветривания с выдачей исходящей струи в сторону целика 2а, 2б, 3б, 4а и в групповых вентиляционных выработках производится по формуле [1] :

$$t_2 = t_1 B + \frac{1-B}{A + \Delta\varphi Б}\left[E + \Delta\varphi Б\acute{\varepsilon} + \frac{3600 \Sigma Q_{м.и.}}{G c_p} \pm \right.$$

$$\left. \pm L \sin\psi (G'T + 9{,}76 \cdot 10^{-3})\right], \qquad (5.5)$$

$$B = \begin{cases} \left(\frac{1+Б\varphi_1}{1+Б\varphi_2}\right)^{\left(1+\frac{A}{\Delta\varphi Б}\right)} & \text{при } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1; \quad (5.6) \\ \exp\left(-\frac{A}{1+\varphi Б}\right) & \text{при } \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi; \quad (5.7) \end{cases}$$

$$Б = \frac{1542\, n'}{P - p'^{ср}_{н}}; \quad (5.8)$$

$$A = \frac{3600 L\left(K_т U + K_{хтр} U_{хтр} + K_{тт} U_т + K_{ттр} U_{ттр}\right)}{G c_p}; \quad (5.9)$$

$$E = 3600\left[\frac{K_т U L}{G c_p} t_п + \frac{K_{тт} U_т L}{G c_p} t'_п + \frac{K_{ттр} U_{ттр} L}{G c_p}\theta_{т_{ср}} + \frac{K_х U_{хтр} L}{G c_p}\theta_{х_{ср}}\right]; \quad (5.10)$$

$$T = \frac{3600 K_т U L\left[(A + \Delta\varphi Б) - (1+Б\varphi_1)(1-B)\right]}{G c_p (A + 2\Delta\varphi Б)(1-B)}, \quad (5.11)$$

где n', ε', $p'^{ср}_{н}$ – коэффициенты, принимаемые для ожидаемого диапазона изменения температуры воздуха на участке по данным табл. 5.I.

Таблица 5.I.

Значения коэффициентов n', ε', $p'^{ср}_{н}$ для различных диапазонов изменения температуры воздуха

Диапазон изменения температуры воздуха, °С	Значения коэффициентов n', Па/°С	ε', °С	$p'^{ср}_{н}$, Па
1	2	3	4
5-I5	82,9	-5,09	I253
I0-20	II0,6	-0,69	I733
I5-25	I45,8	3,70	2373
20-30	I89,9	8,07	3226
25-35	244,9	12,43	4306

продолжение табл. 5.I

I	1	2	3	4
30-40		312,6	16,77	5692
35-45		395,3	21,II	7466

C_p = I005 Дж/(кг.°С) - удельная массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении;

G - геотермический градиент, °С/м ;

$\Sigma Q_{м.и.}$ - суммарное тепловыделение от местных источников на расчетном участке, Вт ;

ψ - угол наклона выработки, град;

$K_{х_{тр}}, K_{т_{тр}}$ - коэффициенты теплопередачи трубопроводов соответственно с хладо- и теплоносителем, Вт/(м^2.°С) ;

$\theta_{т_{ср}}, \theta_{х_{ср}}$ - средние значения температуры подвижного агента на расчетном участке выработки соответственно в теплом и холодном трубопроводе, °С. Определяются согласно рекомендациям "Единой методики..." [I] ;

$K_{t_т}$ - коэффициент нестационарного теплообмена между транспортируемым по выработке ископаемым и воздухом, Вт/(м^2.°С). Определяется согласно рекомендациям "Единой методики ..." [I] ;

$U_т$ - периметр поверхности транспортируемого ископаемого, м;

$U_{т_{тр}}, U_{х_{тр}}$ - соответственно периметры охлаждающего и греющего трубопроводов, м;

$t'_п$ - температура транспортируемого ископаемого на расчетном участке, °С [I].

Температура воздуха в начале расчетного участка при обратном тепловом расчете определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{t_2}{B} - \frac{1-B}{B(A+\Delta\varphi Б)}\left[E + \Delta\varphi Б\varepsilon' + \frac{3600\Sigma Q_{м.и.}}{Gc_p} \pm \right.$$

$$\left. \pm L\sin\psi\left(G'T + 9{,}76\cdot10^{-3}\right)\right] \qquad (5.12)$$

5.3. Температура и относительная влажность воздуха в начале следующего расчетного участка после смешения с утечками воздуха через вентиляционные сооружения определяется по формуле:

$$t_{1_{i+1}} = \frac{t_{2i} G_i + G_{ут} t_{пр}}{G_i + G_{ут}}; \qquad (5.13)$$

$$\varphi_{1_{i+1}} = \frac{\varphi_{2i} G_i + G_{ут} \varphi_{пр}}{G_i + G_{ут}}, \qquad (5.14)$$

где t_{2i} и φ_{2i} – соответственно температура и относительная влажность воздуха в конце предыдущего расчетного участка;

$t_{пр}$ и $\varphi_{пр}$ – соответственно температура и относительная влажность утечек воздуха через вентиляционные сооружения. Принимаются равными их значениям для вентиляционной струи в данном пункте воздухоподающей выработки;

G_i , $G_{ут}$ – соответственно среднее количество воздуха на предыдущем расчетном участке и количество воздуха, притекающее через вентиляционное сооружение.

5.4. При распределенных по длине участковой вентиляционной выработки теплопритоках из выработанного пространства (схемы проветривания с выдачей исходящей вентиляционной струи в сторону выработанного пространства Iа,Iб,3а,4б) температура воздуха в конце выработки или ее участка длиной L определяется по формуле:

$$t_2 = \left[(0{,}05 - g\gamma) + A_2\beta\right]^{-1}\left\{t_1\left[(0{,}05 - g)Y + A_1(\beta - M)\right] + \beta E_{12} + F + D\right\}, \qquad (5.15)$$

где

$$g = 0{,}05\rho(1 - \gamma^2);$$

$$\gamma = \exp(-0{,}05L);$$

$$\beta = \frac{1 - Y}{\eta L} - 0{,}05\rho y ;$$

$$Y = \exp(-0{,}05\eta L) ;$$

$$M = 0{,}05\rho(Y - y) ;$$

$$E_{12} = A_2 \varepsilon_2 - A_1 \varepsilon_1 ;$$

$$F = M\left[t_{пр} + A_{пр}(t_{пр} - \varepsilon_{пр}) + A_1 \varepsilon_1\right] ;$$

$$\mathcal{D} = \frac{0{,}05(1-Y)}{W}\left(K_\tau U t_{п_1} + \frac{\Sigma Q_{м.н.}}{L} + K_{\tau_т} U_т t'_{п_i} + K_{т\,тр} U_{т\,тр} \theta_{т_{ср}} + K_{х\,тр} U_{х\,тр} \theta_{х\,тр}\right) \pm \sin\psi\left[\frac{9{,}81\beta L}{c_\rho} + \frac{K_\tau U G}{W}\left(0{,}05L - \frac{1-Y}{\eta}\right)\right];$$

$$\rho = \frac{G_{ут.в.}}{G_{уч}}\left(1 - \eta\right) ;$$

$$\eta = \frac{3800\, W}{0{,}05\, G_{уч} c_\rho} ;$$

$$W = K_\tau U + K_{\tau_т} U_т + K_{т\,тр} U_{т\,тр} + K_{х\,тр} U_{х\,тр} ;$$

$$A_2 = \frac{1542\, n_2 \varphi_2}{P_2 - P_н^{ср}};$$

$$A_1 = \frac{1542\, n_1 \varphi_1}{P_1 - P_н^{ср}};$$

$$A_{пр} = \frac{1542\, n_{пр} \varphi_{пр}}{P_{пр} - P_н^{ср}}.$$

При отработке участка спаренными лавами с выдачей исходящей струи на промежуточный вентиляционный штрек температура воздуха рассчитывается по формуле (5.15). При этом значения отдельных расчетных комплексов определяются согласно зависимостям:

$$G_{ут.в.} = G'_{ут.в.} + G''_{ут.в.};$$

$$F = M\left[\frac{G'_{ут.в.} t'_{пр} + G''_{ут.в.} t''_{пр}}{G_{ут.в.}} + \frac{G'_{ут.в.} A'_{пр}(t'_{пр} - \varepsilon'_{пр}) + G''_{ут.в.} A''_{пр}(t''_{пр} - \varepsilon''_{пр})}{G_{ут.в.}} + A_1 \varepsilon_1\right],$$

где $G'_{ут.в.}$ и $t'_{пр}$ – соответственно количество и температура воздуха, притекающего в вентиляционный штрек из выработанного пространства верхней лавы;

$G''_{ут.в.}$ и $t''_{пр}$ – соответственно количество и температура воздуха, притекающего в вентиляционный штрек из выработанного пространства нижней лавы.

$$A'_{пр} = \frac{1542\, n \varphi'_{пр}}{P_{пр} - P_н^{ср}};$$

$$A''_{пр} = \frac{1542\, n \varphi''_{пр}}{P_{пр} - P_н^{ср}},$$

где $\varphi'_{пр}$, $\varphi''_{пр}$ – относительная влажность воздуха, притекающего из выработанного пространства соответственно верхней и нижней лав.

При обратном тепловом расчете температура воздуха в месте сопряжения лавы с вентиляционной выработкой определяется по формуле:

$$t_1 = \frac{1}{(0{,}05 - g)Y + A_1(\beta - M)} \left\{ t_2 \left[(0{,}05 - gy) + A_2\beta \right] - E_{12}\beta - F - \mathcal{D} \right\}. \qquad (5.16)$$

6. ПРИМЕР ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА

6.1. Исходные данные.

Тепловой расчет выполняется для выработок вентиляционного маршрута условной шахты типа им. В.М.Бажанова ПО "Макеевуголь" (рис. 6.1). Пример теплового расчета воздухоподающих выработок по данному маршруту рассмотрен в разделе 1.7 "Единой методики ..." [1]

Результаты расчетов, а также значения температуры, относительной влажности и количества воздуха в выработках, примыкающих к выработкам расчетного маршрута, приведены в табл. 6.1. Основные горно-геологические и горнотехнические параметры вентиляционных выработок расчетного маршрута приведены в табл. 6.2.

6.2. Расчет тепловых параметров вентиляционной выработки № 14.

6.2.1. Температура и относительная влажность воздуха в начале вентиляционной выработки (пункт 8) определяются как средневзвешенные величины по формулам (5.13) и (5.14) с учетом значений тепло влажностных параметров и количества воздуха в пунктах 5а и 7:

$$t_1 = \frac{31{,}2 \cdot 61400 + 26{,}0 \cdot 32400}{61400 + 32400} = 29{,}4\,^{\circ}C;$$

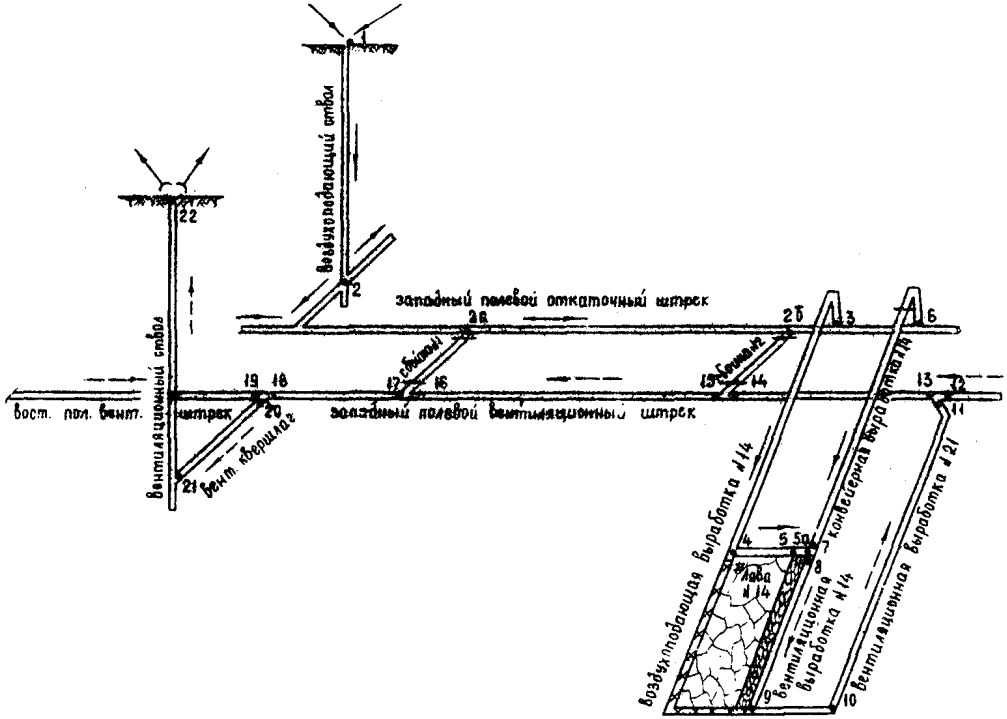

Рис. 6.I. Схема цепи горных выработок расчетного маршрута условной шахты

Таблица 6.I.

Температура, относительная влажность и количество воздуха в горных выработках

Наименование выработки	Расчетный пункт	Температура, °С	Относительная влажность	Количество воздуха, кг/ч
Воздухоподающий ствол	I	23,3	0,54	I303200
То же	2	25,8	0,60	I303200
Западный полевой откаточный штрек	2а	25,0	0,70	
То же	2б	24,4	0,70	
- " -	3	24,I	0,75	300900
-"-	6	24,0	0,75	223790
Воздухоподающая выработка № I4	4	26,0	0,70	77II0
Лава № I4 (перед бутовой полосой)	5	30,5	0,78	5I4I0
Лава № I4 (выход)	5а	3I,2	0,76	6I400
Конвейерная выработка № I4	7	26,0	0,87	32400
Западный полевой вентиляционный штрек	I2	25,4	0,90	I9I390
Восточный полевой вентиляционный штрек	I9	24,8	0,93	600I00

Таблица 6.2.

Горногеологические и горнотехнические параметры выработок расчетного маршрута

Наименование выработки	Расчетный участок	Глубина выработки, м: начало	Глубина выработки, м: конец	Длина выработки, м	Сечение, $м^2$	Боковые породы	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
Вентиляционная выработка № I4	8-9	I057	II07	600	8,5	В кровле-глинистые сланцы; почва-песчанистые сланцы	Арочная крепь с деревянными затяжками
Вентиляционный ходок	9-I0	II07	II07	200	9,2	Пласт угля мощностью I,57 м	То же
Вентиляционная выработка № 2I	I0-II	II07	I0I2	I200	9,2	То же	-"-
Западный полевой вентиляционный штрек	I3-I4	I0I2	I0I2	400	I3,0	В кровле-песчаник (I/3 периметра сечения выработки), почва - песчанистый сланец	Арочная крепь с железобетонными затяжками
То же	I5-I6	То же	То же	760	I3,0		
-"-	I7-I8	-"-	-"-	300	I3,0		
Вентиляционный квершлаг	20-2I	-"-	-"-	200	22,0	То же	-"-
Вентиляционный ствол	2I-22	I0I2	0	I0I2	50,2	Суммарные мощности пород, пересекаемые стволом: песчаники - 264 м; глинистые и песчанистые сланцы - 707 м; известняки - 25 м, угли - I6 м	Стенки ствола мокрые; бетонная крепь, $\delta_{кр} = 0,5$ м

$$\varphi_1 = \frac{0,76 \cdot 61400 + 0,87 \cdot 32400}{61400 + 32400} = 0,80.$$

Барометрическое давление воздуха в выработке определяется по формуле (2.8)

$$P = 98109 + 12 \cdot 1082 = 111093 \text{ Па},$$

где H = 1082 м - средняя глубина выработки № 14.

Относительная влажность воздуха в конце участковой вентиляционной выработки (пункт 11) принимается равной 0,87 согласно табл.2.5. В промежуточных пунктах 9 и 10 относительная влажность воздуха определяется из условия линейного закона ее изменения по длине выработки между точками 8-11:

$$\varphi_9 = \varphi_8 + \frac{\varphi_{11} - \varphi_8}{L_{8-11}} L_{8-9} = 0,82.$$

6.2.2. Определение тепловлажностных параметров воздуха, притекающего из выработанного пространства лавы № 14

6.2.2.1. Схема проветривания выемочного участка - прямоточная с подсвежением вентиляционной струи со стороны целика (4б). Коэффициент утечек воздуха через выработанное пространство при схеме 4б и залегании в кровле пласта глинистых сланцев согласно табл. 2.1 равен $K_{ут.б.} = 1,55$. Вентиляционная выработка № 14 со стороны выработанного пространства лавы № 14 охраняется бутовыми полосами шириной 8 м. В этом случае согласно формуле (2.5)

$$K'_{ут.б.} = 1 + (1,55 - 1) \cdot 0,90 = 1,50,$$

где коэффициент $K_{ут.п.} = 0,90$ (табл. 2.2).

6.2.2.2. Величина утечек воздуха через выработанное пространство очистного забоя $Q_{ут}$ определяется по формуле (2.4)

$$Q_{ут} = 1020 \left(1 - \frac{1}{1,50}\right) = 340 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $Q_{уч} = 1020$ м^3/мин [1] .

6.2.2.3. Величина притечек воздуха из выработанного пространства в вентиляционную выработку при схеме проветривания 4б определяется по формуле (2.6)

$$Q_{ут.в.} = 340\ (I - 0,37) = 214\ м^3/мин,$$

где $K_{ут.л.} = 0,45 - 0,2\ \frac{429}{1020} = 0,37$.

Здесь $Q_{вол.} = 429\ м^3/мин$. Значение $K_{ут.л.} = 0,45$ определяется путем интерполяции данных табл. 2.3 для $\ell_5 = 8$ м.

6.2.2.4. Относительная влажность утечек воздуха на выемочном участке при схеме 4б в добычную смену определяется по формуле (2.12) с учетом данных табл. 2.6.

$$\varphi_{ут} = 0,5\ (0,70 + 0.78) = 0,74\ ,$$

где $\varphi_1 = 0,70$;

$$\varphi_2 = 0,70 + \frac{200}{100}\ 0,04 = 0,78.$$

6.2.2.5. Массовый расход воздуха, протекающего через выработанное пространство и притекающего в вентиляционную выработку, рассчитывается согласно формуле (2.13)

$$G_{ут} = 60.340\ .\ I,25 = 25500\ кг/ч\ ;$$

$$G_{ут.в.} = 60\ .\ 214\ .\ I,25 = I6I00\ кг/ч,$$

где

$$\rho_\rho = 3,483.I0^{-3}\ \frac{III093 - 0,70.4306}{273+29} = I,25\ кг/м^3;$$

$$\varphi_{ср} = 0,50\ \left[\frac{0,70 + 0,78}{2} + 0,67\right] = 0,70.$$

6.2.2.6. Температура воздуха, притекающего из выработанного пространства в вентиляционную выработку, определяется по формуле (4.I)

$$t_{пр} = (6{,}63I + 0{,}999 \cdot 3{,}4I5)^{-I} \left[(6{,}63I \cdot 0{,}00I + 0{,}999 \cdot 2{,}266) \cdot 29{,}8 + \right.$$

$$\left. + 0{,}999\,(6{,}63I \cdot 37{,}7 + 27{,}202) \right] = 34{,}3^{0}C.$$

При этом расчетные комплексы определяются следующим образом. Фактор теплообмена Г рассчитывается по формуле (4.7)

$$Г = 0{,}I7 \left(\frac{I{,}57}{25500} \right)^{0{,}2} \cdot 200 \cdot 2^{0{,}44} = 6{,}63I,$$

где $K_{ск} = 0{,}I7$; $V_A = 2$ м/сут; $L_A = 200$ м; $m = I{,}57$ м .

Температура утечек воздуха рассчитывается по формуле (4.8)

$$t_{ут} = 0{,}84 \cdot 30{,}5 + 0{,}I6 \cdot 26{,}0 = 29{,}8^{0}C.$$

Начальная температура обрушенных пород выработанного пространства определяется по формуле (4.9)

$$t_{в.п.} = 40{,}I - 0{,}2\,(40{,}I - \frac{26{,}0 + 30{,}5}{2}) = 37{,}7^{0}C,$$

где температура горного массива рассчитывается согласно зависимости

$$t_{п} = 8{,}4 + \frac{I082}{34{,}I} = 40{,}I^{0}C,$$

где $t_{з.п.} = 8{,}4^{0}C$; $Г_{ср} = 34{,}I$ м/^{0}C [I].

Влажностные коэффициенты определяются по формулам (4.4) и (4.5)

$$A_{пр} = \frac{I542 \cdot 276{,}6 \cdot 0{,}85}{III093 - 4930} = 3{,}4I5,$$

где $\varphi_{пр} = 0{,}5I \cdot 0{,}74 + 0{,}47 = 0{,}85$

согласно формуле (2.I0) ;

$$A_{ym} = \frac{1542 \cdot 213{,}3 \cdot 0{,}74}{111093 - 3700} = 2{,}266.$$

Фактор влагосодержания $E_{пр}$ определяется по формуле (4.6)

$$E_{пр} = 3{,}415 \cdot 14{,}8 - 2{,}266 \cdot 10{,}3 = 27{,}202.$$

Комплекс $\mathcal{Y}$ определяется по формуле (4.3)

$$\mathcal{Y} = \exp(-6{,}631) = 0{,}001,$$

а комплекс V находится из выражения (4.2)

$$V = 1 - 0{,}001 = 0{,}999.$$

6.2.3. Коэффициент нестационарного теплообмена между горным массивом и воздухом на участке 8-9 вентиляционной выработки № 14 рассчитывается по зависимости(3.1):

$$K_\tau = \frac{1}{1 + \frac{1}{2.9,0.1,53}\left[\sqrt{\frac{1,35}{60 \cdot 3,14.6,02 \cdot 10^{-7} \cdot 38540 \cdot (1 + \frac{1,35}{2.9,0.1,53})}} + \frac{1,35}{2.1,53}\right]} = 0{,}494.$$

При этом коэффициент теплоотдачи рассчитывается по формуле (3.2)

$$\alpha = 2{,}33.1{,}5\,(1{,}25.2{,}45)^{0{,}8}\left(\frac{11{,}1}{8{,}5}\right)^{0{,}2} = 9{,}0 \text{ Вт/(м}^2\cdot{}^\circ\text{C)},$$

где $\rho_р = 3{,}483 \cdot 10^{-3}\frac{111093 - 0{,}81 \cdot 3226}{273 + 29{,}4} = 1{,}25$ кг/м^3, [формула (2.14)];

$$v = \frac{61400 + 32400}{3600 \cdot 1{,}25 \cdot 8{,}5} = 2{,}45 \text{ м/с}, \quad [\text{формула (3.3)}];$$

$$U = 3{,}8\sqrt{8{,}5} = 11{,}1 \text{ м}, \quad [\text{формула (2.2)}];$$

$$R_o = \frac{2 \cdot 8,5}{II,I} = I,53 \text{ м}, \qquad \left[\text{формула (2.3)}\right].$$

Теплофизические характеристики горных пород находятся как средневзвешенные по периметру выработки. Часть периметра выработки, занятого пластом угля, равна $U = I,57 \cdot 2 = 3,I4$ м, глинистыми и песчанистыми сланцами - $U = II,I - 3,I4 = 7,96$ м. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности с учетом данных табл. 2.7 составят

$$\lambda = \frac{I,77 \cdot 7,96 + 0,29 \cdot 3,I4}{II,I} = I,35 \text{ Вт/ (м } ^0\text{С)};$$

$$a = \frac{7,60 \cdot I0^{-7} \cdot 7,96 + 2,0I \cdot I0^{-7} \cdot 3,I4}{II,I} = 6,02 \cdot I0^{-7} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Время теплообмена между горным массивом и воздухом рассчитывается по формуле (3.5)

$$\tau = \frac{3I680 + 46080 + 2\sqrt{3I680 \cdot 46080}}{4} = 38540 \text{ ч}.$$

Время проветривания начала и конца выработки для всех участков маршрута принимается из плана горных работ.

6.2.4. Температура воздуха в конце участка 8-9 вентиляционной выработки № I4 определяется по формуле (5.I5)

$$t_2 = \left[(0,05 - 0,0073 \cdot 0) + 2,5044 \cdot 0,0474\right]^{-I} \left\{ 29,4\left[(0,05-0,0073) \cdot 0,8977 + 2,457(0,474-0,0066)\right] + 0,0474 \cdot 0,4882 + 0,8329 + 0,2354 \right\} = 32,0^0\text{С}.$$

Отдельные расчетные комплексы, входящие в формулу (5.I5), равны:

$$y = \exp(-0,05 \cdot 600) = 0;$$

$$W = 0,494 \cdot II,I = 5,483;$$

$$\eta = \frac{3600 \cdot 5{,}483}{0{,}05 \cdot (32400 + 77110) \cdot 1005} = 0{,}0036 ;$$

$$\rho = \frac{16100}{109510} (1 - 0{,}0036) = 0{,}1465 ;$$

$$Y = \exp (-0{,}05 \cdot 0{,}0036 \cdot 600) = 0{,}8977 ;$$

$$g = 0{,}05 \cdot 0{,}1465 (1 - 0{,}0036^2) = 0{,}0073 ;$$

$$\beta = \frac{1 - 0{,}8977}{0{,}0036 \cdot 600} - 0{,}05 \cdot 0{,}1465 \cdot 0 = 0{,}0474 ;$$

$$M = 0{,}05 \cdot 0{,}1465 (0{,}8977 - 0) = 0{,}006 ;$$

$$\Phi = \frac{0{,}05 (1 - 0{,}8977)}{5{,}483} 0{,}494 \cdot 11{,}1.39{,}4+0{,}105 \left[\left(\frac{9{,}81 \cdot 0{,}0474}{1005} \times 600 + \frac{0{,}494 \cdot 11{,}1}{34{,}1 \cdot 5{,}483} (0{,}05 \cdot 600 - \frac{1 - 0{,}8977}{0{,}0036}) \right) \right] = 0{,}2354 ;$$

$$A_1 = \frac{1542 \cdot 213{,}3 \cdot 0{,}80}{110793 - 3700} = 2{,}457 ;$$

$$A_2 = \frac{1542 \cdot 213{,}3 \cdot 0{,}82}{111393 - 3700} = 2{,}5044 ;$$

$$E_{12} = 2{,}5044 \cdot 10{,}3 - 2{,}457 \cdot 10{,}3 = 0{,}4882 ;$$

$$F = 0{,}0066 \left[34{,}3 + 3{,}415\ (34{,}3 - 14{,}8) + 2{,}457.10{,}3 \right] = 0{,}8329.$$

6.3. Расчет температуры воздуха на следующих участках маршрута с исходящей вентиляционной струей.

Расчет температуры воздуха на последующих участках вентиляционного маршрута 9-22 (рис. 6.1) независимо от назначения выработок производится по формуле (5.5). Относительная влажность воздуха в выработках с исходящей струей воздуха принимается согласно табл.2.5. При наличии сосредоточенных утечек воздуха через вентиляционные сооружения из выработок со свежей струей или соединении вентиляционных струй из различных выработок температура и относительная влажность воздуха в начале расчетных участков определяются как средневзвешенные величины по формулам (5.13) и (5.14). Тепловлажностные параметры утечек воздуха через вентиляционные сооружения принимаются по шахтным данным или по результатам тепловых расчетов воздухоподающих выработок.

Исходные данные для тепловых расчетов горных выработок, расчетные значения отдельных величин и комплексов, а также конечные температуры воздуха на отдельных участках вентиляционного маршрута (рис. 6.1) приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Результаты теплового расчета выработок с исходящей струей

Расчетные величины	Наименование участков					Вентиляционный квершлаг (участок 20-21)	Вент. ствол (участок 21-22)
	Вентиляционный ходок (участок 9-10)	Вентиляционная выработка № 21 (участок 10-11)	Западный полевой вентиляционный штрек				
			участок 13-14	участок 15-16	участок 17-18		
1	2	3	4	5	6	7	8
U	11,5	11,5	13,72	13,72	13,72	17,86	25,12
L	200	1200	400	760	300	200	1012
R_o	1,6	1,6	1,89	1,89	1,89	2,46	4,0
H_1	1107	1107	1012	1012	1012	1012	1012
H_2	1107	1012	1012	1012	1012	1012	0
δ	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293
ψ	0	5	0	0	0	0	90
t_1	32,0	32,0	27,5	27,6	27,8	25,8	24,8
φ_1	0,82	0,82	0,89	0,89	0,89	0,92	1,00
φ_2	0,82	0,87	0,89	0,89	0,89	1,00	1,00
t_n	40,9	40,5	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1
λ	1,37	1,37	2,03	2,03	2,03	2,03	1,93
a	$6,02.10^{-7}$	$6,02.10^{-7}$	$8,84.10^{-7}$	$8,84.10^{-7}$	$8,84.10^{-7}$	$8,84.10^{-7}$	$8,40.10^{-7}$
P	111393	111255	110253	110253	110253	110253	104181
τ	484460	28580	83160	83160	83160	96130	113690
ρ	1,24	1,24	1,25	1,25	1,25	1,25	1,18
α	9,5	9,5	15,7	15,8	16,0	23,7	7,39

Продолжение табл. 6.3

	2	3	4	5	6	7	8
ν	2,67	2,67	5,I4	5,2I	5,27	9,I8	4,26
K_τ	0,476	0,496	0,580	0,583	0,583	0,467	0,253
$\Sigma Q_{м.и.}$	-	-	-	-	-	-	-
А	0,0358	0,2239	0,0378	0,07I4	0,0278	0,0065	0,0254
Б	3,5263	3,53I0	2,7360	2,7360	2,7360	2,7360	2,9005
В	I,0092	0,9040	0,989I	0,9794	0,9920	0,9390	0,9935
Е	I,4642	9,0680	I,4402	2,7203	I,0592	0,2477	0,9677
Т	0	0,IC7I	0	0	0	0	0,0072
	32,0	3I,3	27,6	27,8	27,9	24,8	22,3

ЛИТЕРАТУРА

I. Единая методика прогнозирования температурных условий в угольных шахтах. МакНИИ, Макеевка-Донбасс, 1979, 196 с.

2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. М., "Недра", 1975, 238 с.

3. Дополнение к "Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт". МакНИИ, Макеевка-Донбасс, 1980, 102 с.

4. А.Н.Щербань, О.А.Кремнев. Научные основы расчета и регулирования теплового режима глубоких шахт. Том I, Киев, изд-во АН УССР, 1959, 430 с.

Приложение

Парциальное давление насыщенного водяного пара при различных температурах

t ,°C	$p_н$,Па	t ,°C	$p_н$,Па	t ,°C	$p_н$,Па
I	2	I	2	I	2
2,0	705,3	9,0	II47,9	I6,0	I8I8,5
2,2	7I5,9	9,2	II63,9	I6,2	I84I,2
2,4	726,6	9,4	II79,9	I6,4	I865,2
2,6	735,9	9,6	II95,9	I6,6	I889,2
2,8	746,6	9,8	I2II,9	I6,8	I9I3,2
3,0	757,3	I0,0	I227,9	I7,0	I937,2
3,2	767,9	I0,2	I243,9	I7,2	I96I,2
3,4	778,6	I0,4	I259,9	I7,4	I986,5
3,6	790,6	I0,6	I277,2	I7,6	20II,8
3,8	80I,3	I0,8	I293,2	I7,8	2037,2
4,0	8I3,3	II,0	I3II,9	I8,0	2063,8
4,2	823,9	II,2	I329,2	I8,2	2089,2
4,4	835,9	II,4	I347,9	I8,4	2II5,8
4,6	847,9	II,6	I365,2	I8,6	2I42,5
4,8	858,6	II,8	I383,9	I8,8	2I69,I
5,0	87I,9	I2,0	I402,5	I9,0	2I97,I
5,2	883,9	I2,2	I42I,2	I9,2	2223,8
5,4	897,3	I2,4	I439,9	I9,4	225I,8
5,6	909,3	I2,6	I458,5	I9,6	2279,8
5,8	92I,3	I2,8	I477,2	I9,8	2309,I
6,0	934,6	I3,0	I497,2	20,0	2338,5
6,2	947,9	I3,2	I5I5,9	20,2	2367,8
6,4	96I,3	I3,4	I537,2	20,4	2397,I
6,6	974,6	I3,6	I557,2	20,6	2426,5
6,8	987,9	I3,8	I577,2	20,8	2455,8
7,0	I00I,2	I4,0	I598,5	2I,0	2487,8
7,2	I0I4,6	I4,2	I6I8,5	2I,2	25I7,I
7,4	I029,2	I4,4	I639,9	2I,4	2549,I
7,6	I043,9	I4,6	I66I,2	2I,6	2579,8
7,8	I057,2	I4,8	I682,5	2I,8	I6II,8
8,0	I073,2	I5,0	I705,2	22,0	2643,8
8,2	I086,6	I5,2	I726,5	22,2	2675,8
8,4	IIOI,2	I5,4	I749,2	22,4	2707,8
8,6	III5,9	I5,6	I77I,8	22,6	274I,I
8,8	II3I,9	I5,8	I794,5	22,8	2774,4

I	2	I	2	I	2
23,0	2809,I	30,8	4444,4	38,6	6845,8
23,2	2843,8	3I,0	4494,3	38,8	69I9,9
23,4	2878,4	3I,2	4546,0	39,0	6994,I
23,6	29I3,I	3I,4	4599,I	39,2	7069,8
23,8	2947,7	3I,6	4650,0	39,4	7I45,5
24,0	2983,7	3I,8	4702,8	39,6	7222,3
24,2	30I8,4	32,0	4755,6	39,8	7300,2
24,4	3055,7	32,2	4809,5	40,0	7378,0
24,6	3093,I	32,4	4863,3	40,2	7457,5
24,8	3I30,4	32,6	49I9,6	40,4	7537,0
25,0	3I67,7	32,8	4975,6	40,6	76I7,5
25,2	3206,I	33,0	503I,6	40,8	7699,I
25,4	3245,9	33,2	5088,6	4I,0	7780,7
25,6	3283,5	33,4	5I44,I	4I,2	7863,9
25,8	332I,9	33,6	5203,6	4I,4	7947,I
26,0	3362,4	33,8	5262,2	4I,6	803I,3
26,2	3402,4	34,0	5320,9	4I,8	8II6,6
26,4	3442,4	34,2	5378,5	42,0	8202,0
26,6	3483,2	34,4	5436,I	42,2	8288,9
26,8	3524,8	34,6	5502,2	42,4	8375,8
27,0	3566,4	34,8	5563,5	42,6	8463,8
27,2	3608,5	35,0	5624,9	42,8	8552,9
27,4	3650,6	35,2	5688,3	43,0	864I,9
27,6	3693,6	35,4	575I,8	43,2	8733,I
27,8	3737,3	35,6	58I5,5	43,4	8824,3
28,0	378I,0	35,8	5879,5	43,6	89I6,6
28,2	3825,3	36,0	5943,5	43,8	9009,9
28,4	3869,5	36,2	6009,I	44,0	9I03,2
28,6	39I4,6	36,4	6074,7	44,2	9I99,2
28,8	3960,5	36,6	6I4I,3	44,4	9295,2
29,0	4006,3	36,8	6209,I	44,6	939I,7
29,2	4053,3	37,0	6276,8	44,8	9488,8
29,4	4I00,2	37,2	6348,8	45,0	9585,9
29,6	4I47,6	37,4	6420,8	45,2	9682,9
29,8	4195,6	37,6	6545,6	45,4	9780,0
30,0	4243,6	37,8	6616,5	45,6	9888,8
--,-	4293,2	38,0	6627,4	45,8	9986,6
30,4	4342,8	38,2	6700,0	46,0	10068,5
30,6	4393,2	38,4	6772,5		

gost.e-ecolog.ru