Министерство угольной промышленности СССР

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

МакНИИ

МЕТОДИКА

ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ В ВЫРАБОТКАХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ГОРИЗОНТОВ ГЛУБОКИХ ШАХТ

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

10 апреля 1984 г.

М Е Т О Д И К А

прогнозирования температурных условий в выработках вентиляционных горизонтов глубоких шахт

Макеевка-Донбасс

1984

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 3

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИКИ 5

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ 7

3. РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА МЕЖДУ ГОРНЫМ МАССИВОМ И ВОЗДУХОМ В ВЫРАБОТКАХ 16

4. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ УТЕЧЕК ВОЗДУХА ИЗ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ 25

5. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛАВЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ТЕПЛОПРИТОКОВ ИЗ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА 28

6. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ВЫРАБОТКАХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ГОРИЗОНТОВ 30

7. ПРИМЕР ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА 35

ЛИТЕРАТУРА 59

ПРИЛОЖЕНИЕ. Психрометрическая таблица влажного воздуха 60

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

a – коэффициент температуропроводности, $м^2/с$;

$в_1$ – ширина зоны утечек воздуха в выработанное пространство лавы при плавном опускании кровли, м;

c – коэффициент удельной массовой теплоёмкости, Дж/(кг.К);

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;

$P_н^t$ – парциальное давление насыщенных 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;

R_0 – радиус выработки, м;

τ – время проветривания, ч;

t – температура воздуха, ^0C;

Θ – температура подвижного агента в трубопроводе, ^0C;

α – коэффициент теплоотдачи от поверхности выработки к воздуху, $Вт/(м^2.К)$;

v – скорость воздуха, м/с;

$v_л$ – скорость подвигания лавы, м/сут;

φ – относительная влажность воздуха;

Φ – геотермический градиент, ^0C/м;

ρ – плотность, $кг/м^3$;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м. К);

ε – коэффициент шероховатости;

ψ – угол наклона выработки, град ;

n', ε' – коэффициенты уравнений аппроксимации давления насыщенных водяных паров от температуры воздуха.

Индексы:

$б$ – относящийся к бутовой полосе;

$вп$ – относящийся к выработанному пространству;

$_{доп}$ – относящийся к дополнительной выработке;
$_{кр}$ – относящийся к крепи;
$_{з}$ – относящийся к закладке;
$_{л}$ – относящийся к лаве;
$_{м}$ – относящийся к местным источникам тепловыделений;
$_{п}$ – относящийся к почве;
$_{к}$ – относящийся к кровле;
$_{пр}$ – относящийся к притекающему из выработанного пространства воздуху;
$_{ср}$ – среднее значение параметра;
$_{ут}$ – относящийся к утечкам воздуха в выработанное пространство;
$_{уч}$ – относящийся к выемочному участку;
$_{и}$ – относящийся к транспортируемому ископаемому;
$_{тр}$ – относящийся к трубопроводу с теплоносителем;
$_{хтр}$ – относящийся к трубопроводу с холодоносителем;
$_{1}$ – начальный пункт расчетного участка;
$_{2}$ – конечный пункт расчетного участка.

Критерии:

Bi – критерий Био;
Fo – критерий Фурье.

Соотношение между единицами физических величин

Физические величины	Значения в единицах МКГСС	Значения в единицах СИ
Давление	1 мм вод.ст.	9,8067 Па
	1 мм рт.ст.	133,322 Па
Тепловой поток (холодильная мощность)	1 ккал/ч	1,163 Вт
Энтальпия	1 ккал/кг	4186,8 Дж/кг
Удельная теплоемкость	1 ккал/(кг.°С)	4,187 кДж/(кг.К)
Коэффициент теплопроводности	1 ккал/(м.ч.°С)	1,163 Вт/(м.К) = λ
Коэффициент теплоотдачи нестационарного теплообмена	1 ккал/(м^2.ч.°С)	1,163 Вт/(м^2.К)
Температура	1 °С	1 К

I. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

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

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

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

Советской школой горной теплофизики разработаны методы прогноза температуры воздуха в воздухоподающих выработках, проветриваемых за счет общешахтной депрессии, а также тупиковых выработок, проветриваемых с помощью вентиляторов местного проветривания.

Комплекс теоретических и шахтных исследований на глубоких шахтах позволил изучить тепло- и массообменные процессы между утечками воздуха и породами выработанного пространства, установить особенности формирования теплового режима вентиляционных горизонтов и на этой базе разработать "Методику прогнозирования температурных условий в выработках вентиляционных горизонтов глубоких шахт".

Она является дополнением к "Единой методике прогнозирования температурных условий в угольных шахтах", утвержденной в качестве нормативного документа Минуглепромом СССР 29 декабря 1978 г. и включает в себя "Методику теплового расчета выработок с исходящей вентиляционной струей воздуха", область применения которой охватывала только пологие пласты при управлении горным давлением 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.

Методику разработали: к.т.н. Кузин В.А., Пучков М.М., к.ф.-м.н. Венгеров И.Р., инж. 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 рекомендаций "Единой методики..." /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.

2.3. Периметр поперечного сечения выработки в свету (U ,м), эквивалентный радиус выработки (R_o ,м) вычисляются по формулам, приведенным в работе /I/.

2.4. Расход и распределение воздуха по выработкам принимаются по проекту вентиляции шахты.

При необходимости производится расчет в соответствии с "Руководством по проектированию вентиляции шахт" /2/ и "Дополнением к "Руководству..." /3/.

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

$$Q_{ут} = (Q_{уч} - Q_{доп})\left(1 - \frac{1}{K_{ут.в}}\right), \qquad (2.1)$$

где $Q_{уч}$ – расход воздуха на выемочном участке, $м^3$/мин; определяется по данным шахтных замеров или рассчитывается согласно рекомендациям /2,3,4/;

$Q_{доп}$ – расход воздуха в дополнительной выработке,$м^3$/мин;

$K_{ут.в}$ – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство.

Значения коэффициента $K_{ут.в}$ при поддержании выработок, примыкающих к выработанному пространству, бутовыми полосами шириной 4-6 м приведены в табл. 2.I в зависимости от схемы проветривания выемочного участка (рис. 2.I) и состава пород непосредственной кровли. При поддержании выработок другими способами вместо $K_{ут.в}$ принимается коэффициент $K'_{ут.в}$, определяемый по формуле /3/

Таблица 2.1

Значения коэффициента $K_{ут.б}$, учитывающего утечки воздуха через выработанные пространства при различных способах управления кровлей

Схемы проветривания выемочных участков				Значения коэффициента $K_{ут.б}$ в зависимости от способа управления кровлей и от пород непосредственной кровли							
				Полное обрушение			Частичная закладка			Плавное опускание, удержание на кострах	
Наименование схемы проветривания	Индекс схемы	По классификации Руководства.../2/ Тип, подтип, класс	Вариант	глинистые сланцы	песчаные сланцы	песчаники	глинистые сланцы	песчаные сланцы	песчаники	глинистые сланцы	известняки
Возвратноточная с направлением исходящей струи в сторону выработанного пространства	Iа	I-В-Н I-В-З	а,в,д,ж а,г,ж	I,40	I,55	I,70	I,20	I,25	I,40	I,30	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	I,20	I,25	I,35	I,20	I,60
Возвратноточная с направлением исходящей вентиляционной струи в сторону целика	2а	I-М-Н I-М-В	а,б,д,ж а,ж,з	I,25	I,30	I,40	I,I0	I,I5	I,25	I,20	I,30
Прямоточная с направлением исходящей вентиляционной струи в сторону целика	2б	I-М-Н 2-М-Н	б,г,е,з б,и	I,30	I,35	I,45	I,I0	I,25	I,30	I,20	I,30
Возвратноточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны целика	3а	2-В-Н 3-В-Н	в,ж,и,н,п,щ г,ж,м,р	I,55	I,70	I,80	I,20	I,25	I,40	I,65	I,85
Прямоточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны выработанного пространства	3б	2-М-Н	в,к,н,п,р	I,50	I,55	I,65	I,20	I,25	I,35	I,20	I,30
Возвратноточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны выработанного пространства	4а	2-М-Н	а,г,д,е,ж,з и,м	I,50	I,65	I,80	I,20	I,25	I,35	I,20	I,30
Прямоточная с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны целика	4б	2-В-Н 3-В-Н	а,к,с а,е,и,л	I,55	I,70	I,80	I,20	I,25	I,40	I,65	I,85

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

Классификация схем проветривания выемочных участков
(основные варианты)

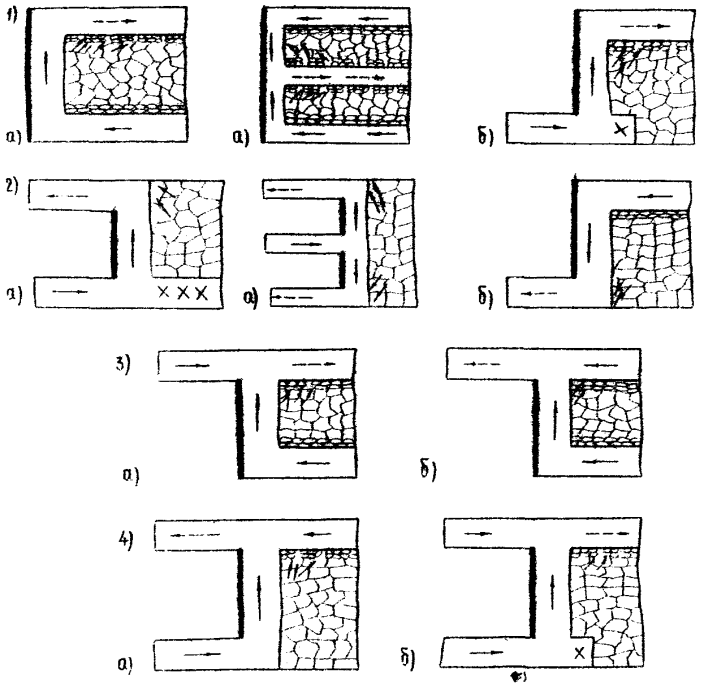


Рис. 2.I

$$K'_{ут.б} = 1 + (K_{ут.б} - 1) K_{ут.п}, \qquad (2.2)$$

$K_{ут.п}$ – поправочный коэффициент, зависящий от способа поддержания выработки, принимается по табл. 2.2.

Таблица 2.2

Значения поправочного коэффициента $K_{ут.п}$

Способ поддержания 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-I0 м	0,90
Бутовые полосы шириной II-I5 м	0,80
Бутовые полосы шириной I6-20 м	0,70

2.4.2. При разработке тонких крутых пластов щитовыми агрегатами величина утечек воздуха через выработанное пространство очистного забоя определяется также по формуле (2.I). При этом коэффициент $K_{ут.б}$ рассчитывается по формуле

$$K_{ут.б} = K_{ут.с} \cdot K_{ут.р}, \qquad (2.3)$$

где $K_{ут.с}$ – коэффициент, учитывающий сосредоточенные утечки воздуха через погашенную часть углеспускной печи; принимается равным I,5 при породах непосредственной кровли, представленных глинистыми, песчанистыми сланцами и равным 2,2 при породах непосредственной кровли, представленных песчаниками, известняками;

$K_{ут.р}$ – коэффициент, учитывающий рассредоточенные утечки воздуха через щитовое перекрытие; принимается по табл. 2.3.

Таблица 2.3

Значения коэффициента $K_{ут.р}$

Величина $K_{ут.р}$ при различных типах щитового перекрытия		
Металлическая сетка, деревянный накатник	Металлическая сетка, деревянный накатник, конвейерная лента на жесткую базу	Металлическая сетка, деревянный накатник, конвейерная лента с запасом на увеличение мощности пласта
I,20	I,I5	I,I0

2.4.3. Величина притечек воздуха из выработанного пространства в вентиляционную выработку ($Q_{ут.в}$, м³/мин) рассчитывается по формуле

$$Q_{ут.в} = Q_{ут}\,(1 - K_{ут.л}), \qquad (2.4)$$

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 (Iа,Iб, 3а, 4б),если вентиляционная выработка поддерживается кострами, бутокострами, бутовой полосой с окнами (каналами) или сплошной бутовой полосой шириной до 5м, $K_{ут.л}$ = 0. Если для поддержания вентиляционной выработки выкладывается сплошная бутовая полоса шириной более 5м, $K_{ут.л}$ принимается в зависимости от ее ширины (табл. 2.4) /3/.

Таблица 2.4

Значения коэффициента $K_{ут.л}$

Ширина бутовой полосы, $l_{в}$, м	6	7	9	I2	I6	более I6
$K_{ут.л}$	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	I,0

При схемах проветривания типа 3а, 4б, если для поддержания вентиляционной выработки применяется сплошная бутовая полоса шириной более 5 м, значения $K_{ут.д}$ уменьшаются на величину 0,2 к $Q_{доп} / Q_{з.уч}$, где $Q_{доп}$ – расход воздуха в дополнительной выработке, м³/мин.

Для схем проветривания 3б, 4а $K_{ут.д}$ определяется по формуле:

$$K_{ут.д} = \beta + 0{,}12 \frac{Q_{доп}}{Q_{уч}}, \qquad (2.5)$$

где β – коэффициент, зависящий от способа поддержания вентиляционной выработки.

Если вентиляционная выработка поддерживается кострами, бутокострами, бутовой полосой с окнами или бутовой полосой шириной до 5 м, то $\beta = 0{,}3$. Если вентиляционная выработка поддерживается сплошной бутовой полосой шириной более 5м, значение коэффициента β принимается по табл. 2.5 в зависимости от ширины бутовой полосы.

Таблица 2.5

Значения коэффициента β при различной ширине бутовой полосы

Ширина бутовой полосы, $l_б$, м	6	7	9	12
β	0,4	0,6	0,7	0,8

2.4.4. Величина утечек воздуха из выработок со свежей вентиляционной струей в выработки с исходящей струей воздуха через вентиляционные сооружения принимается по данным шахтных замеров, а при проектировании рассчитывается согласно норм утечек воздуха через вентиляционные сооружения /2/. Нормы утечек воздуха через вентиляционные сооружения за пределами вентиляционных участков следует увеличить в 1,33 раза, в околоствольных дворах – в 1,45 раза по сравнению с табличными значениями.

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

$$P = P_0 + 12{,}0\,H, \qquad (2.6)$$

где P_o – среднемесячное давление воздуха, поступающего в шахту, Па;

H – средняя глубина залегания выработки от поверхности, м.

2.6. Относительная влажность утечек воздуха из выработанного пространства $\varphi_{пр}$ зависит от угла залегания пласта, способа управления горным давлением, влажностной характеристики лавы.

2.6.I. Пласты пологого и наклонного падения с управлением кровлей полным и частичным обрушением и частичной закладкой:

при росте относительной влажности воздуха в лаве ($\varphi_{л_2} > \varphi_{л_1}$)

$$\varphi_{пр} = 0,51\,\varphi_{ут} + 0,47 \; ; \qquad (2.7)$$

при снижении относительной влажности воздуха в лаве ($\varphi_{л_2} < \varphi_{л_1}$)

$$\varphi_{пр} = 0,58\,\varphi_{ут} + 0,24 \; , \qquad (2.8)$$

где $\varphi_{ут}$ – значение относительной влажности утечек воздуха.

При схемах проветривания Iа, 2а, 2б, 3а, 4а $\varphi_{ут}$ принимается равным значению относительной влажности воздуха в выработке под лавой /I/. При схемах проветривания Iб; 4б определяется по формуле:

$$\varphi_{ут} = 0,84\,\varphi_{л_2} + 0,I6\,\varphi_{л_1} \; , \qquad (2.9)$$

где $\varphi_{л_1}, \varphi_{л_2}$ – значения относительной влажности воздуха соответственно в начале и конце лавы.

Управление кровлей плавным опусканием

$$\varphi_{пр} = \varphi_{л_2} + 0,02 \; . \qquad (2.10)$$

При значении $\varphi_{л_2} \geq 0,98$ $\varphi_{пр} = I,0$.

2.6.2. Пласты крутого падения при различных способах управления горным давлением

$$\varphi_{пр} = 0,6I\,\varphi_{л_2} + 0,38 \qquad (2.11)$$

Значения $\varphi_{л_1}$ и $\varphi_{л_2}$ принимаются по данным шахтных замеров в лавах со сходными горногеологическими условиями. При отсутствии экспериментальных данных для глубоких шахт Донбасса рекомендуется принимать среднестатистические значения относительной влажности воздуха в зависимости от влажностной характеристики лавы и угла залегания пласта.

При разработке пологих и наклонных пластов при управлении кровлей полным обрушением, частичной закладкой и плавным опусканием значения относительной влажности воздуха в лаве принимаются по табл. 2.6.

Таблица 2.6

Значения относительной влажности воздуха в начале лавы (φ_{A_1}) и темп ее изменения по длине лавы при разработке пологих и наклонных пластов

Характеристика лавы	Относительная влажность на входе в лаву, φ_1		Величина изменения относительной влажности воздуха на 100 м длины лавы, м,	
	Добычная смена	Ремонтная смена	Добычная смена	Ремонтная смена
"Сухая"	0,705	0,735	0,038	-0,018
"Влажная"	0,88	0,89	0,033	0,025

К "влажным" относятся лавы и выработки с повышенной естественной влажностью угольного пласта (более 5%), почва или кровля которых представлена породами, обладающими высокой водоотдающей способностью (например, известняками), при ожидаемом водопритоке более 5 $м^3/ч$, при капеже и мокрых стенках выработок.

Относительная влажность воздуха в конце лавы рассчитывается по формуле:

$$\varphi_{A_2} = \varphi_{A_1} + \frac{L_A}{100} \xi_A , \qquad (2.12)$$

где L_A - длина лавы, м.

При разработке пластов крутого падения относительная влажность воздуха в лавах при различных способах управления горным давлением принимается по табл. 2.7.

Таблица 2.7

Значения относительной влажности воздуха в лавах при разработке крутых пластов

Пункт лавы	Характеристика лавы	
	"сухая с влажной почвой"	"влажная"
Начало лавы, $\varphi_{л_1}$	0,92	0,95
Конец лавы, $\varphi_{л_2}$	0,89	0,98

2.7. Относительная влажность воздуха φ в вентиляционных выработках принимается по данным шахтных замеров в выработках со сходными горногеологическими и горнотехническими условиями разработки. При отсутствии последних относительную влажность рекомендуется принимать по данным табл. 2.8.

Таблица 2.8

Значения относительной влажности воздуха в выработках с исходящей струей

Тип выработки, ее влажностная характеристика	Относительная влажность воздуха в выработках шахт, разрабатывающих пласты	
	пологого и наклонного падения	крутого падения
I	2	3
Участковая вентиляционная выработка (начало)		
сухая	0,70	
сухая с влажной почвой	0,80	0,93
влажная	0,92	0,98
Участковая вентиляционная выработка (конец)		
сухая	0,74	
сухая с влажной почвой	0,87	0,96
влажная	0,95	0,97

Продолжение таблицы 2.8

I	2	3
Капитальная (групповая) вентиляционная выработка (у сопряжения со стволом)		
сухая с влажной почвой	0,89	0,89
влажная	0,97	0,97
Вентиляционный ствол	I,0	I,0

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

2.9. Теплофизические свойства горных пород принимаются по данным специальных исследований, а при их отсутствии принимаются по усредненным данным, которые для основных горных пород Донбасса приведены в табл. 2.9.

Таблица 2.9

Средние значения теплофизических характеристик горных пород для условий Донбасса

Породы	Теплофизические характеристики			Плотность, ρ, кг/м^3
	$a \cdot 10^7$, м^2/с	λ, Вт/(м.К)	$c \cdot 10^{-2}$, Дж/(кг.К)	
Песчаник	I2,28	2,56	8,54	2440
Глинистый или песчаный сланец	7,60	I,77	9,04	2570
Уголь	2,0I	0,29	II,85	I225
Известняк	4,47	0,98	8,88	2478

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

2.I0. Массовый расход сухой части воздуха в выработке (G , кг/ч) рассчитывается по формуле

$$G = 60 \cdot \rho \cdot Q , \qquad (2.I3)$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ;

$$\rho = 3{,}484 \cdot I0^{-3} \frac{p - \varphi p_н^t}{273 + t} , \qquad (2.I4)$$

Q – расход воздуха в выработке, м^3/мин;

φ – среднее значение относительной влажности воздуха в выработке;

$p_н^t$ – парциальное давление насыщенных водяных паров в выработке, Па. Определяется по приложению I или рассчитывается по формуле I.4I /I/;

t – температура воздуха в выработке, ^{0}С.

2.II. Расчет тепловыделений от местных источников 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

3.1. Коэффициент нестационарного теплообмена в выработках, проветриваемых более года, определяется по зависимости /I/

$$K_\tau = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{2\alpha R_0}} \left[\frac{\lambda}{2R_0} + \frac{\lambda}{\sqrt{\pi a \tau}\left(1 + \frac{\lambda}{2\alpha R_0}\right)} \right], \qquad (3.1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от поверхности горной выработки, Вт/(м^2.К) ;

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

где ε – коэффициент, учитывающий влияние шероховатости обнаженных поверхностей на интенсивность теплообмена; его значения принимаются: для выработок с монолитной бетонной крепью $\varepsilon = I$; для выработок с металлической, железобетонной и деревянной крепью со сплошной затяжкой $\varepsilon = I{,}5$; с той же крепью, но без затяжки $\varepsilon = 2$; для выработок без крепи $\varepsilon = 2{,}5$; для лав $\varepsilon = 2{,}5 \div 3{,}5$;

v – скорость движения воздуха в выработке, м/с;

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

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

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

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

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

τ – расчетное время теплообмена между породным массивом и воздухом, ч.

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

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

При интенсивном испарении влаги со стенок выработки (мокрые выработки)

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

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

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

где

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

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

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

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

Значения функции $f(z)$ определяются по формулам:

$$f(z) = \frac{1{,}0774\,z - 0{,}0064}{z + 0{,}8773}, \quad z \in [0;2{,}0); \qquad (3.12)$$

$$f(z) = \frac{1{,}0011\,z - 0{,}2575}{z + 0{,}3406}, \quad z \in [2{,}0;\ 30{,}0). \qquad (3.13)$$

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

3.3. Коэффициент нестационарного теплообмена между закладочным массивом и воздухом, движущимся по лаве при полной закладке выработанного пространства

$$K_{\tau_b} = K'_{\alpha}\left[\psi_0 N_1(\tilde{z}) + (1 - 0{,}41 K_{\varepsilon}) N_2(\tilde{z})\right], \qquad (3.15)$$

где $$K'_{\alpha} = \left(\frac{1}{\alpha_{\Lambda}} + \frac{\delta_{отм}}{\lambda_{отм}}\right)^{-1}; \qquad (3.16)$$

$$\psi_0 = \frac{t_з - t_{ср}}{t_{п\,ср} - t_{ср}}; \qquad (3.17)$$

$$K_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_з}{2}\left(\frac{1}{\varepsilon_к} + \frac{1}{\varepsilon_п}\right); \quad \varepsilon_{з,к,п} = \frac{\lambda_{з,к,п}}{\sqrt{a_{з,к,п}\tau_0}}; \qquad (3.18)$$

α_{Λ} – коэффициент теплоотдачи в лаве, Вт/(м^2.К). При самотечной и гидравлической закладке рассчитывается по формуле (3.2), при гидравлической закладке $\alpha_{\Lambda} \to \infty$;

$\delta_{отм}$, $\lambda_{отм}$ – соответственно толщина и коэффициент теплопроводности материала отливки, м; Вт/(м.К). При наличии примыкающей к отливке крепи в формуле (3.16) к выражению в скобках прибавляется еще слагаемое $\delta_{кр}/\lambda_{кр}$;

$t_з$ – начальная температура закладочного массива, °С. При использовании для закладки пород от проходки выработок температура закладочного массива принимается на 3-4°С ниже естественной температуры горных пород. При гидрозакладке температура закладочного массива ориентировочно принимается равной температуре воды в поверхностном водосборнике;

$t_{ср}, t_{п\,ср}$ – соответственно средняя температура воздуха в лаве и температура горных пород, соответствующая средней глубине расположения участка, °С;

$\varepsilon_з$, $\varepsilon_к$, $\varepsilon_п$ – соответственно термическая активность закладочного материала, пород кровли и почвы, $\frac{Вт.с^{0,5}}{м^2.К}$.

Для вмещающих пород определяется по данным табл. 2.9. Для закладочного материала величины $\lambda_з$, $a_з$, $\varepsilon_з$ могут быть определены для каждого конкретного состава закладочной шихты расчетным путем или экспериментально. Для условий Донецкого бассейна рекомендуется принимать средние значения:

$$\lambda_з \approx 0{,}69 \text{ Вт/(м.К)}; \quad a_з \approx 4{,}11 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}; \quad \varepsilon_з \approx 1{,}07 \cdot 10^8 \frac{\text{Вт.с}^{0{,}5}}{\text{м}^2.\text{К}}.$$

Значения функций $N_1(\bar{z})$ и $N_2(\bar{z})$ определяются по графикам рис. 3.1.а в зависимости от значений безразмерного параметра $\bar{z}$:

$$\bar{z} = 588 \frac{K'_{cl}}{\varepsilon_з} \left(\frac{l_з}{v_л}\right)^{0{,}5}, \tag{3.19}$$

где $l_з$ - шаг закладки, м;

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

При выполнении расчетов на ЭВМ, функции $N_1(\bar{z})$ и $N_2(\bar{z})$ могут быть найдены по приближенным зависимостям:

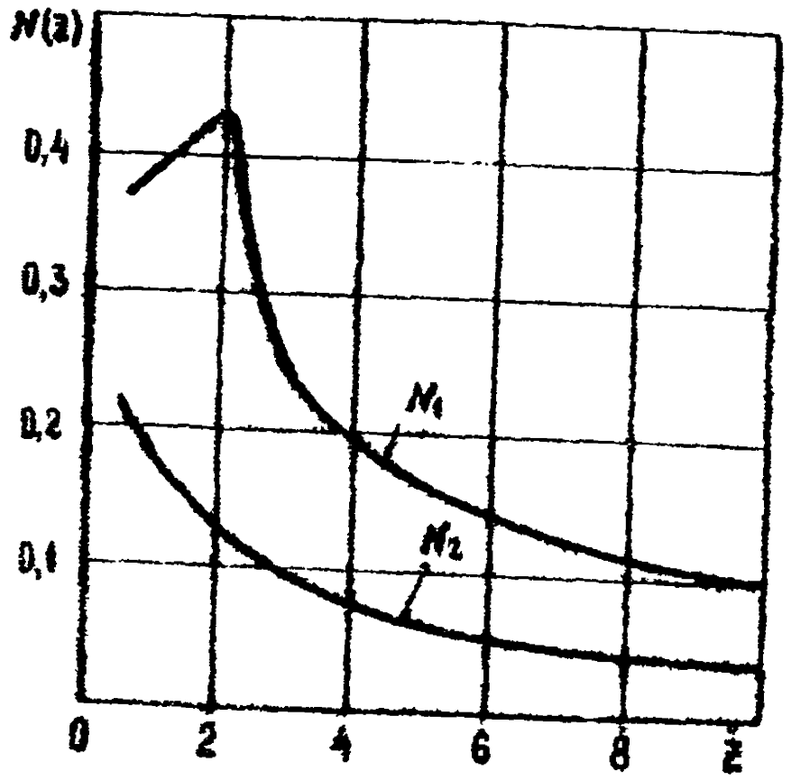
$$N_1(\bar{z}) = \begin{cases} 0{,}35 + 0{,}04\,\bar{z}, & \bar{z} \in [0{,}5 ; 2{,}0) \\ 0{,}85 - 0{,}21\,\bar{z}, & \bar{z} \in [2{,}0 ; 3{,}0) \\ 0{,}28 - 0{,}02\,\bar{z}, & \bar{z} \in [3{,}0 ; 10{,}0) \\ 0{,}05 & \bar{z} \in [10{,}0; 15{,}0] \end{cases}$$

$$N_2(\bar{z}) = \begin{cases} 0{,}253 - 0{,}067\,\bar{z}, & \bar{z} \in [0{,}5 ; 2{,}0) \\ 0{,}166 - 0{,}023\,\bar{z}, & \bar{z} \in [2{,}0; 5{,}0) \\ 0{,}05, & \bar{z} \in [5{,}0 ; 10{,}0) \\ 0{,}02 & \bar{z} \in [10{,}0 ; 15{,}0] \end{cases} \tag{3.20}$$

При гидрозакладке, когда закладочный массив со стороны призабойного пространства лавы отжимается сеткой, коэффициент нестационарного теплообмена между закладкой и воздухом в лаве рассчитывается по формуле

$$K_{\tau_{\varepsilon_2}} = \left[(1{,}178 + 0{,}324\,K_\varepsilon)\psi_0 + 0{,}42 - 0{,}173\,K_\varepsilon\right]\left[\frac{\varepsilon_з}{505{,}6}\left(\frac{v_л}{l_з}\right)^{0{,}5}\right] \tag{3.21}$$

а). Функции



б). Функция

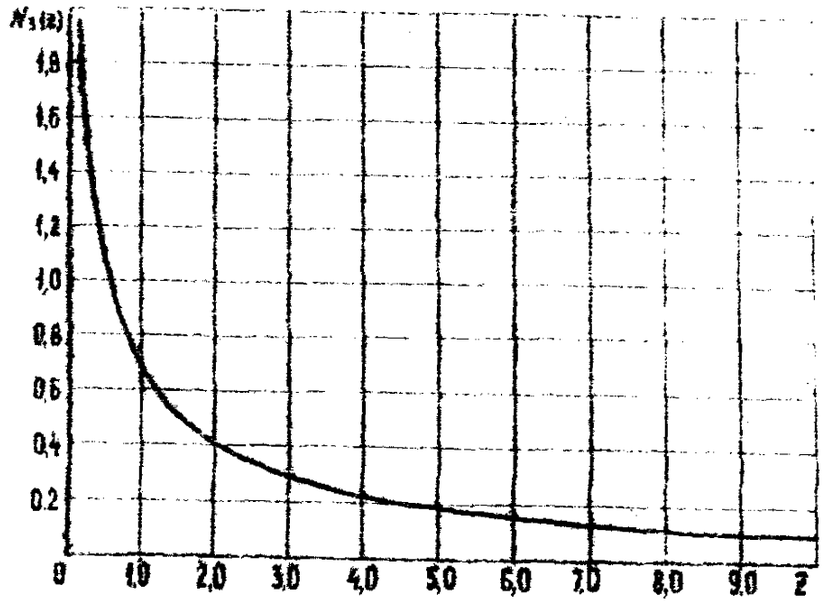


Рис. 3.I

3.4. Коэффициент нестационарного теплообмена между закладочным массивом и воздухом, движущимся по вентиляционной выработке

$$K_{\tau_{\ell_3}} = K'_{\alpha} \quad (0{,}08\ \psi_0 + 0{,}3)\ N_3(\bar{z}), \qquad (3.22)$$

где $N_3(\bar{z}) = \frac{1}{\bar{z}}\left[1 - \frac{1}{3\bar{z}}\ln\left(\frac{1+4\bar{z}}{1+\bar{z}}\right)\right]$. (3.23)

Значения K'_{α}, ψ_0 и $\bar{z}$ определяются соответственно по формулам (3.16), (3.17) и (3.19), а $N_3(\bar{z})$ можно определять и по графику рис. 3.1.б.

Если при гидрозакладке отшивка закладочного массива осуществляется только металлической сеткой, коэффициент нестационарного теплообмена в этом случае рассчитывается по формуле

$$K_{\tau_{\ell_3}} = (0{,}08\ \psi_0 + 0{,}3)\left[\frac{\varepsilon_3}{505{,}6}\left(\frac{v_1}{\ell_3}\right)^{0{,}5}\right] \qquad (3.24)$$

Формулами (3.22) или (3.24) следует пользоваться для расчета температуры воздуха при длине вентиляционной выработки до $20\,\ell_3$. При большей длине выработки влияние закладки практически не сказывается и тепловыделение по всему периметру выработки вычисляется в зависимости от времени ее проветривания по формулам (3.1) или (3.7).

3.5. Коэффициент нестационарного теплообмена между утечками воздуха и породами выработанного пространства при управлении кровлей в лавах плавным опусканием или удержанием на кострах

$$K_{\tau_{по}} = 0{,}5\ \alpha_0\left[A(\bar{z}_к) + A(\bar{z}_п)\right], \qquad (3.25)$$

где α_0 - коэффициент теплоотдачи в лаве, Вт/(м^2.К), рассчитывается по формуле (3.2).

При разработке пологих и наклонных пластов при определении α_0 учитывается скорость движения воздуха на последней дороге, примыкающей к выработанному пространству. На пластах крутого падения α_0 рассчитывается по средней скорости движения воздуха в рабочем пространстве лавы.

Безразмерные параметры $\bar{z}_к$, $\bar{z}_п$ соответственно для пород кровли и почвы рассчитываются по формуле

$$\bar{z} = 170 \frac{\alpha_0}{\varepsilon_{к,п}} \left(\frac{b_1}{\sqrt{S_л}}\right)^{0,5}, \qquad (3.26)$$

где b_1 – ширина зоны утечек воздуха в выработанном пространстве лавы, м. Для условий Донецкого бассейна можно принимать $b_1 = 10 \div 20$ м;

$\varepsilon_{к,п}$ – термическая активность пород кровли и почвы рассчитывается по формуле (3.19).

Значения функции $A(\bar{z})$ при $\bar{z} = \bar{z}_к$ и $\bar{z} = \bar{z}_п$ в формуле (3.26) могут быть определены по графику рис. 3.2 или по приближенной зависимости

$$A(\bar{z}) = \begin{cases} 0,40 - 0,27\,(\bar{z} - 0,1), & \bar{z} \in [0,1;\ 0,75) \\ 0,23 - 0,09\,(\bar{z} - 0,75), & \bar{z} \in [0,75;2,0) \\ 0,141 - [\,0,0154 - (0,01\,\bar{z} - 0,141)^2\,]^{0,5}, & \bar{z} \in [2,0;15,0) \\ 0,019 - 0,00044\,(\bar{z} - 15), & \bar{z} \in [15,0;\ 50,0] \end{cases} \qquad (3.27)$$

Функция $A(\bar{z})$

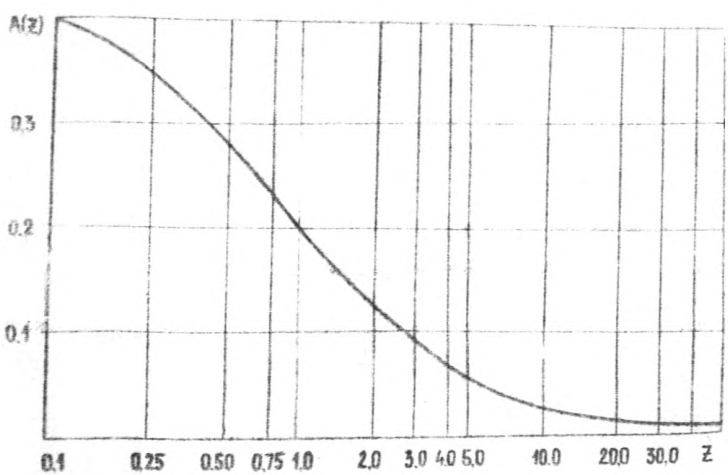


Рис. 3.2

4. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ УТЕЧЕК ВОЗДУХА ИЗ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКОВ

4.I. Температура притекающего из выработанного пространства воздуха определяется по формуле:

$$t_{пр} = t_{ут} B + \frac{1-B}{\Gamma + \Delta\varphi B}\left(\Gamma t_{ап} + \Delta\varphi B \varepsilon' + \frac{1800\Sigma Q_{вн}}{Q_{ут}\cdot c_p} \pm L\sin\psi\cdot 9{,}76\cdot 10^{-3}\right), \quad (4.I)$$

где

$$B = \begin{cases} \left[\frac{1+B\varphi_{ут}}{1+B\varphi_{пр}}\right]^{\left(1+\frac{\Gamma}{\Delta\varphi B}\right)}, & \text{при } \Delta\varphi = \varphi_{пр} - \varphi_{ут}\ ; \quad (4.2) \\ \exp\left(-\frac{\Gamma}{1+\varphi B}\right), & \text{при } \varphi = \varphi_{пр} = \varphi_{ут}\ ; \quad (4.3) \end{cases}$$

$$B = \frac{1542\, n'}{p - p_н^{ср}}\ ; \quad (4.4)$$

n', ε', $p_н^{ср}$ – коэффициенты, принимаемые по табл. 4.I в зависимости от приращения температуры утечек воздуха в выработанном пространстве выемочного участка.

Таблица 4.I

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

Диапазон изменения температуры воздуха, °С	Значения коэффициентов		
	n', Па/°С	ε', °С	$p_н^{ср}$, Па
0-I5	72,3	-7,48	I080
5-20	96,9	- 3,06	I506
I0-25	I28,2	I,33	2080
II-26	I34,8	2,I2	22I3
I5-30	I68,0	5,72	28I3
20-35	2I7,6	I0,09	3786
25-40	278,9	I4,45	5040
30-45	354,0	I8,79	6626
35-50	444,0	23,06	8626

$t_{в.п}$ – температура пород выработанного пространства;

$t_{ут}$ – температура утечек воздуха, °С;

$\varphi_{ут}$ – относительная влажность утечек воздуха.

При схемах проветривания Iб , 4б и управлении кровлей полным и частичным обрушением $t_{ут}$ определяется по формуле :

$$t_{ут} = 0{,}84\, t_{л_2} + 0{,}16\, t_{л_1} \quad ; \qquad (4.5)$$

где $t_{л_1}$, $t_{л_2}$ – соответственно температура воздуха в начале и конце лавы, °С.

Значение $\varphi_{ут}$ рассчитывается по формуле (2.9).

Значения $t_{ут}$ и $\varphi_{ут}$ при остальных схемах проветривания принимаются равными значениям температуры и относительной влажности воздуха под лавой.

Значение фактора теплообмена Γ зависит от способа управления горным давлением на выемочном участке.

4.I.I. При управлении горным давлением полным и частичным обрушением кровли и частичной закладкой фактор Γ определяется по формуле:

$$\Gamma = K_{сх}\left(\frac{m}{G_{ут}}\right)^{0,2} \cdot L_л \cdot \upsilon_л^{0,44} \cdot \delta^{0,24}, \qquad (4.6)$$

где $K_{сх}$ – коэффициент, учитывающий схему проветривания выемочного участка. Принимается по табл. 4.2 в зависимости от способа управления горным давлением;

$\upsilon_л$ – скорость подвигания лавы, м/сутки;

δ – коэффициент, учитывающий воздухораспределение в выработанном пространстве выемочного участка, для условий Донбасса δ = 0,04 – 0,05 $м^{-I}$;

$G_{ут}$ – массовый расход утечек воздуха через выработанное пространство, кг/ч;

Таблица 4.2

Значения коэффициента $K_{ск}$ при различных схемах проветривания выемочного участка и способах управления горным давлением полным и частичным обрушением

Схема проветривания выемочного участка	Значение коэффициента $K_{ск}$
Iа,3а	0,452
2а, 4а	0,205
Iб,2б,3б,4б	$0{,}103\sqrt{1+25(\delta L_л)^{-2}}$

Значение температуры обрушенных пород выработанного пространства $t_{бп}$ в формуле (4.I) принимается равным:

$$t_{бп} = 0{,}8\, t_{п\,ср} + 0{,}1\,(t_{л1} + t_{л2}), \qquad (4.7)$$

где $t_{п\,ср}$ – среднее значение естественной температуры пород в лаве, °С.

4.I.2. При управлении горным давлением плавным опусканием и удержанием на кострах фактор Γ определяется по формуле:

$$\Gamma = \frac{7200 \cdot K_{т\,по} \cdot b_1 \cdot L}{G_{ут} \cdot c_р}, \qquad (4.8)$$

где $K_{т\,по}$ – коэффициент нестационарного теплообмена между утечками воздуха и породами выработанного пространства, Вт/(м².°С);

$c_р$ – удельная массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг.°С), $c_р$ = I005 Дж/(кг.°С).

При управлении кровлей плавным опусканием и удержанием на кострах значение $t_{бп}$ в формуле (4.I) принимается равным средней по длине лавы естественной температуре горных пород.

$$t_{бп} = \frac{t_{п1} + t_{п2}}{2} = t_{п\,ср}. \qquad (4.9)$$

4.I.3. При управлении горным давлением полной закладкой утечки воздуха через выработанное пространство отсутствуют.

5. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ЛАВЕ ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ ТЕПЛОПРИТОКОВ ИЗ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

5.I. При управлении горным давлением полным обрушением и схемах проветривания выемочных участков с выдачей исходящей струи на выработанное пространство (схемы Iа, Iб,3а,4б), а также на массив угля с подачей по выработке дополнительного количества свежего воздуха в исходящую струю схемы (3б,4а), возможно поступление утечек воздуха из выработанного пространства в лаву в зависимости от способа поддержания вентиляционной выработки.

Лава разбивается на два расчетных участка: от начала лавы до пункта поступления утечек из выработанного пространства $L_{\text{в}}$ и от пункта смешения основного воздушного потока в лаве с притечками из выработанного пространства ($l_{\text{в}}$).

Температура воздуха в лаве длиной L рассчитывается по формулам (I.98)-(I.I06), приведенным в "Единой методике..." /I/. На длине лавы $L = L_{\text{л}} - l_{\text{в}}$ в расчетных формулах величины $t_1 = t_1$, $t_2 = t_{\text{в}}$, $\varphi_1 = \varphi_1$, $\varphi_2 = \varphi_{\text{в}}$, $G = G_{\text{л}}$. На длине лавы $L = l_{\text{в}}$ величина $t_1 = t_{\text{см}}$, $t_2 = t_2$, $\varphi_1 = \varphi_{\text{см}}$, $\varphi_2 = \varphi_2$, $G = G_{\text{л}} + G_{\text{пр.л}}$.

Расход воздуха в рабочем пространстве лавы на длине расчетного участка L определяется по формуле

$$G_{\text{л}} = \frac{G_{\text{ут}} - G_{\text{в.ст}}}{1 + (K_{\text{ут.в}} - 1) K_{\text{ут.п}}} . \qquad (5.I)$$

Величина притечек воздуха из выработанного пространства в лаву находится по формуле

$$G_{\text{пр.л}} = G_{\text{ут}} \cdot K_{\text{ут.л}} , \qquad (5.2)$$

где $G_{\text{ут}}$ - утечки воздуха через выработанное пространство, кг/ч.

Значение коэффициента $K_{\text{ут.л}}$ определяется по рекомендациям подраздела 2.4.3.

Температура и относительная влажность воздуха в лаве после смешения с притечками воздуха из выработанного пространства определяется по формулам:

$$t_{\text{см}} = \frac{t_{\text{в}} G_{\text{л}} + t_{\text{пр}} G_{\text{пр.л}}}{G_{\text{л}} + G_{\text{пр.л}}} ; \qquad (5.3)$$

$$\varphi_{см} = \frac{\varphi_{б} \frac{\rho_{н}^{t_{б}}}{\rho_{н}^{t_{см}}} G_{л} + \varphi_{пр} \frac{\rho_{н}^{t_{пр}}}{\rho_{н}^{t_{см}}} G_{пр.л}}{G_{л} + G_{пр.л}}, \qquad (5.4)$$

где $\rho_{н}^{t_{см}}$ – парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре смеси воздуха, определяемой по формуле (5.3), Па;

$\rho_{н}^{t_{б}}$ – парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре $t_{б}$, Па.

Температура притечек воздуха из выработанного пространства рассчитывается согласно рекомендациям четвертого раздела, относительная влажность притечек воздуха – подраздела 2.6.

5.2. При управлении горным давлением полной закладкой расчет температуры воздуха в лаве производится по формулам (I.98)-(I.106 /I/, в которых коэффициент нестационарного теплообмена K_{τ} определяется с учетом влияния закладочного материала.

В формулах (I.86)-(I.88) для определения коэффициента K_{τ} /I/ слагаемое $K_{\tau_{б}}$ рассчитывается по зависимостям, приведенным в подразделе 3.3.

6. РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ВЫРАБОТКАХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ГОРИЗОНТОВ

6.I. Температура (t_1) и относительная влажность воздуха (φ_1) в начале участковой вентиляционной выработки зависят от способа управления горным давлением и схемы проветривания выемочного участка.

6.I.I. Управление горным давлением полным и частичным обрушением и частичной закладкой.

Схемы проветривания Iа и I б.

Температура и относительная влажность воздуха в начале вентиляционной выработки принимаются равными значениям этих параметров в конце лавы.

Схемы проветривания 2а,2б,3а,4б

$$t_1 = \frac{G_л t_{л_2} + G_{ум(доп)} t_{пр(доп)}}{G_л + G_{ум(доп)}}; \qquad (6.I)$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_{л_2} \frac{\rho_н^{t_{л_2}}}{\rho_н^{t_1}} G_л + \varphi_{пр(доп)} \frac{\rho_н^{t_{пр(доп)}}}{\rho_н^{t_1}} G_{ум(доп)}}{G_л + G_{ум(доп)}}. \qquad (6.2)$$

Схемы проветривания 3б, 4а

$$t_1 = \frac{G_л t_{л_2} + G_{ум} t_{пр} + G_{доп} t_{доп}}{G_л + G_{ум} + G_{доп}}; \qquad (6.3)$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_{л_2} \frac{\rho_н^{t_{л_2}}}{\rho_н^{t_1}} G_л + \varphi_{пр} \frac{\rho_н^{t_{пр}}}{\rho_н^{t_1}} G_{ум} + \varphi_{доп} \frac{\rho_н^{t_{доп}}}{\rho_н^{t_1}} G_{доп}}{G_л + G_{ум} + G_{доп}}, \qquad (6.4)$$

где $t_{л_2}$ и $\varphi_{л_2}$ - соответственно температура и относительная влажность воздуха в конце лавы, определяемые по "Единой методике..." /I/;

$G_л$ - расход воздуха для проветривания очистной выработки;

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

$G_{доп}$ – расход воздуха в дополнительной выработке;

$p_{н}^{t_{л_2}}$ – парциальное давление водяных паров при температуре воздуха в конце лавы, Па.

6.1.2. Управление горным давлением плавным опусканием и удержанием на кострах.

При схемах проветривания выемочных участков 1а,1б,2а,2б температура и относительная влажность воздуха рассчитывается по формулам (6.1) и (6.2).

При схемах проветривания выемочных участков 3а,3б,4а,4б температура и относительная влажность воздуха рассчитывается по формулам (6.3) и (6.4).

6.1.3. Управление горным давлением полной закладкой.

При схемах проветривания выемочных участков 1а,1б,2а,2б температура и относительная влажность воздуха в начале вентиляционной выработки принимаются равными значениям этих параметров в конце лавы.

При схемах проветривания выемочных участков 3а,3б,4а,4б температура и относительная влажность воздуха рассчитывается по формулам (6.1) и (6.2).

6.2. Температура воздуха в конце участковой вентиляционной выработки при управлении горным давлением полным и частичным обрушением и частичной закладкой и схемах проветривания выемочных участков 2а,2б, 3б и 4а, плавным опусканием кровли,удержанием на кострах и полной закладкой при всех схемах проветривания, а также в выработках вентиляционных горизонтов за пределами выемочных участков рассчитывается по формуле /1/:

$$t_2 = t_1 B + \frac{1-B}{A+\Delta\varphi Б}\left[E + \Delta\varphi Б\, i' + \frac{3800\,\Sigma Q_м}{G c_p} \pm L \sin\psi\,(GT + 9{,}76\cdot 10^{-3})\right], \quad (6.5)$$

где

$$B = \begin{cases} \left[\dfrac{1+Б\varphi_1}{1+Б\varphi_2}\right]^{\left(1+\frac{A}{\Delta\varphi Б}\right)} & \text{при } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 ; \quad (6.6) \\ \exp\left(-\dfrac{A}{1+\varphi Б}\right) & \text{при } \varphi_1 = \varphi_2 = \varphi ; \quad (6.7) \end{cases}$$

$$Б = \frac{1542\, n'}{P - p_{н}^{\varphi}} ; \quad (6.8)$$

$$A = \frac{3600 L (K_т U + K_{хтр} U_{хтр} + K_{тт} U_т + K_{ттр} U_{ттр})}{G c_р}; \quad (6.9)$$

$$E = 3600 \left[\frac{K_т U L}{G c_р} t_п + \frac{K_т U_т L}{G c_р} t'_п + \frac{K_{ттр} U_{ттр} L}{G c_р} \theta_{тср} + \frac{K_{хтр} U_{хтр} L}{G c_р} \theta_{хср} \right] \quad (6.10)$$

$$T = \frac{3600 K_т U L [(A + \Delta\varphi Б) - (1 + Б\varphi_i)(1 - В)]}{G c_р (A + 2\Delta\varphi Б)(1 - В)}, \quad (6.11)$$

где n', ε', $\rho_н^{ср}$ – коэффициенты, принимаемые для ожидаемого диапазона изменения температуры воздуха на расчетном участке выработки до 10 °С по табл. 6.1, при большем диапазоне изменения температуры по табл. 4.1

Таблица 6.1

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

Диапазон изменения температуры, °С	Значения коэффициентов		
	n', Па/°С	ε', °С	$\rho_н^{ср}$, Па
5–15	82,9	-5,09	1253
10–20	110,6	-0,69	1733
15–25	145,8	3,70	2373
20–30	189,9	8,07	3226
25–35	244,9	12,43	4306
30–40	312,6	16,77	5692
35–45	395,3	21,11	7466

G – геотермический градиент, К/м;

$\Sigma Q_м$ – суммарное тепловыделение от местных источников на расчетном участке, Вт ;

Ψ – угол наклона выработки, град;

$K_{хтр}$, $K_{ттр}$ – коэффициенты теплопередачи трубопроводов соответственно с хладо- и теплоносителем, Вт/(м^2·°С);

K_{t_T} – коэффициент нестационарного теплообмена между транспортируемым по выработке ископаемым и воздухом, Вт/(м².К);

U_T – периметр поперечного сечения насыпки ископаемого на конвейере, м. Определяется по формуле (I.50) /I/;

t'_n – температура транспортируемого ископаемого на расчетном участке выработки, °С;

$\rho_н^{t_{пр}}, \rho_н^{t_{вып}}$ – соответственно парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре притечек воздуха и в доподнительной выработке, Па;

$U_{T_{тр}} U_{к_{тр}}$ – соответственно периметры охлаждающего и нагревающего трубопровода, м;

$\Theta_{T_{тр}}, \Theta_{к_{тр}}$ – средние значения температуры подвижного агента на расчетном участке выработки соответственно в теплом и холодном трубопроводе, °С. Эти параметры и коэффициенты рассчитываются по рекомендациям "Единой методики..." /I/.

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

$$t_1 = \frac{t_2}{B} - \frac{1-B}{B(A+A\varphi B)}\left[E + A\varphi B\varepsilon + \frac{3600\sum Q_м}{Gc_p} \pm \right.$$

$$\left. \pm L\sin\varphi\left(G^{-}T + 9{,}76\cdot10^{-3}\right)\right] \qquad (6.12)$$

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

$$t_{1_{i+1}} = \frac{t_{2i}G_i + G_{ут}t_{пр}}{G_i + G_{ут}}; \qquad (6.13)$$

$$\varphi_{1_{i+1}} = \frac{\varphi_{2i}\frac{\rho_н^{t_{2i}}}{\rho_н^{t_{1i+1}}}G_i + \varphi_{пр}\frac{\rho_н^{t_{пр}}}{\rho_н^{t_{1i+1}}}G_{ут}}{G_i + G_{ут}}, \qquad (6.14)$$

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

$t_{пр}$, $\varphi_{пр}$ – 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, притекающего через вентиляционное сооружение;

$\rho^{t_{2i}}, \rho^{t_{i+1}}_{н}$ - соответственно парциальное давление насыщенных водяных паров при температуре воздуха в выработке до и после вентиляционного сооружения, Па.

6.4. Температура воздуха в конце участковой вентиляционной выработки при схемах проветривания Iа,Iб, 4б, 3а с выдачей исходящей вентиляционной струи в сторону выработанного пространства определяется по формуле:

$$t_2 = \frac{1}{m(1-a_y)^p}\left\{H - \Phi + E_y + f\left[mt_1(1-a)^p + \Phi - E\right]\right\}, \quad (6.15)$$

где $m = b^p$; $\quad b = 1 + B\varphi_1$; $\quad p = 1 + A$;

$$A = \frac{K_т U + K_{тт} U_т + K_{тгр} U_{тгр} + K_{ктр} U_{ктр}}{N};$$

$$N = b\delta G_{ут} c_p \cdot 3{,}6 \cdot 10^{-3}; \quad a = \frac{G_{ут.в}}{G_{ут}};$$

$$K = A + \frac{B(\varphi_2 - \varphi_1)}{b\delta L}; \quad y = \exp(-\delta L);$$

$$H = \frac{mK_т U L \sin\Psi G'}{K N}; \quad f = \exp(-K\delta L);$$

$$M = \frac{mB\varepsilon'}{b\delta K L}(\varphi_2 - \varphi_1);$$

$$\Phi = \frac{H}{SKL} - M - \frac{m}{KN}(K_т U t_{п_1} + K_{тт} U_т t'_п + K_{тгр} U_{тгр}\Theta_т + K_{ктр} U_{ктр}\Theta_к + \frac{\Sigma Q_м}{L} \pm g G_{ут} \sin\psi \cdot 3{,}6 \cdot 10^{-3});$$

$$E = \frac{aK}{1-K}\left\{M + \frac{m}{Kb}\left[\frac{g\sin\psi}{\delta c_p} - B\varphi_1\varepsilon - t_{пр} - B_{пр}\varphi_{пр}(t_{пр} - \varepsilon'_{пр})\right]\right\}.$$

7. ПРИМЕР ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА

7.I. Исходные данные

Тепловой расчет выполняется для выработок вентиляционного маршрута условной шахты типа им. В.М.Бажанова ПО "Макеевуголь" (рис. 7.I). Пример теплового расчета воздухоподающих выработок по данному маршруту приведен в разделе I.7 "Единой методики..." /I/. Данные расчетов, а также значения температуры, относительной влажности и расхода воздуха в выработках, примыкающих к выработкам расчетного маршрута, приведены в табл. 7.I. Основные горно-геологические и горнотехнические характеристики вентиляционных выработок расчетного маршрута приведены в табл. 7.2.

7.2. Расчет тепловлажностных параметров воздуха в лаве и утечек воздуха через выработанное пространство при различных способах управления кровлей.

7.2.I. При полном обрушении кровли. Схема проветривания выемочного участка - прямоточная с подсвежением со стороны целика (4б). Коэффициент утечек воздуха через выработанное пространство при данной схеме и залегании в кровле глинистых сланцев согласно табл. 2.I равен I,55. Вентиляционный штрек № I4 со стороны лавы охраняется бутовой полосой шириной 8 м. В этом случае согласно формуле (2.2)

$$K'_{ут.б} = I + (I,55 - I,0) \cdot 0,9 = I,5.$$

Утечки воздуха через выработанное пространство лавы рассчитываются по формуле (2.I)

$$Q_{ут} = (I449 - 429)\left(I - \frac{I}{I,5}\right) = 340 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $Q_{уч} = I449$ м^3/мин, $Q_{доп} = 429$ м^3/мин.

Величина притечек воздуха из выработанного пространства в вентиляционную выработку № I4 рассчитывается по формуле (2.4)

$$Q_{ут.б} = 340\ (I - 0,39) = 207 \text{ м}^3/\text{мин},$$

где $K_{ут.л} = 0,45 - 0,2\ \frac{429}{I449} = 0,39$. Значение коэффициента $K_{ут.л}$ определяется по табл. 2.4 для $\ell_{\delta} = 8,0$ м.

Схема горных выработок расчетного маршрута условной шахты

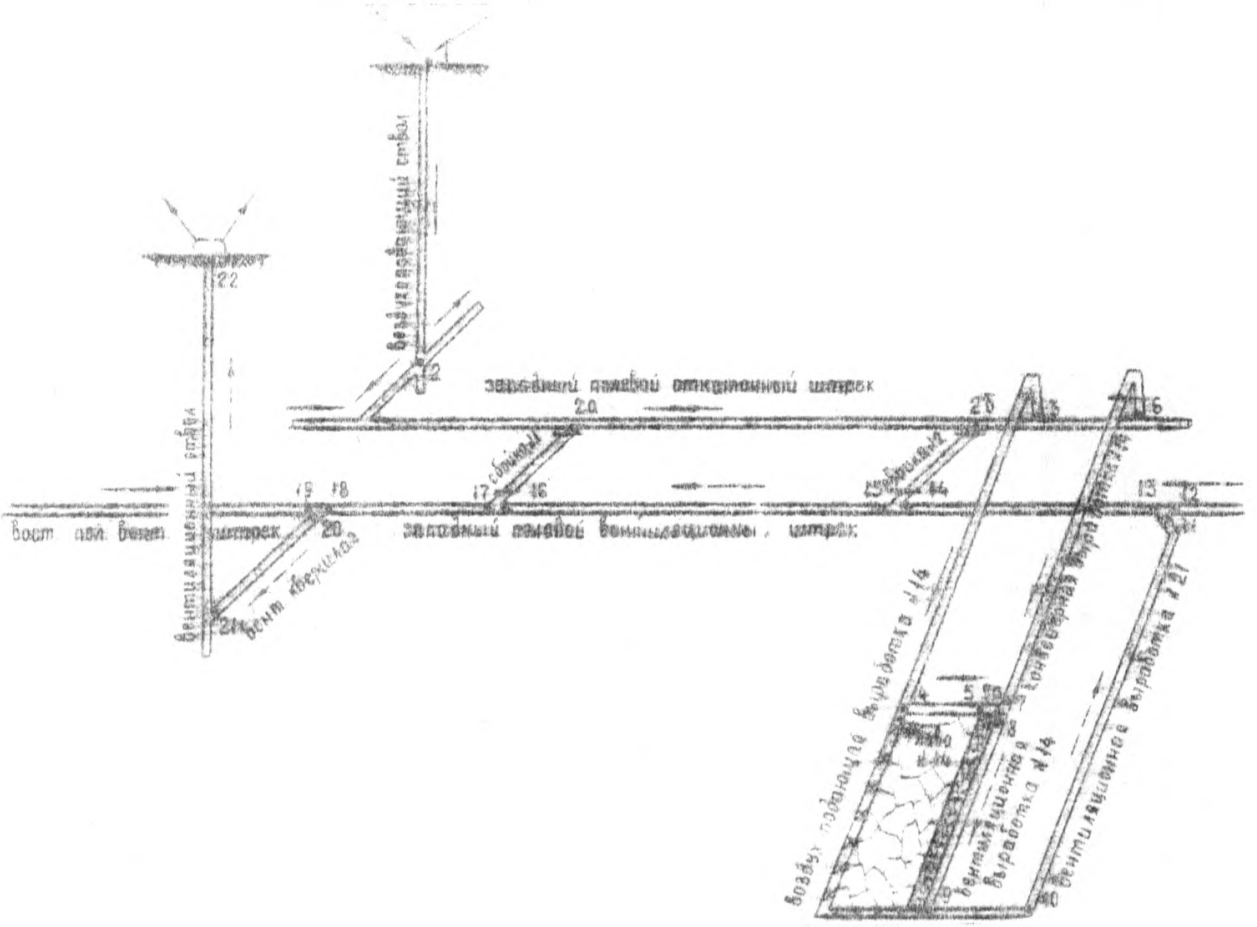

Вентиляционный ствол
Вентиляционный ствол
22
Вентиляционный ствол
Вентиляционный ствол
Вентиляционный ствол

Таблица 7.I

Температура, относительная влажность и расход воздуха в горных выработках

Наименование выработки	Расчетный пункт	Температура, °С	Относительная влажность	Расход 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
-"-	8	24,0	0,75	223790
Воздухоподающая выработка № I4	4	26,0	0,70	77II0
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 7.2

Горногеологические и горнотехнические параметры выработок расчетного маршрута

Наименование выработки	Расчетный участок	Глубина выработки: начало	Глубина выработки: конец	Длина выработки, м	Сечение, м²	Вмещающие породы	Примечание
Вентиляционная выработка № I4	8-9	I057	II07	600	8,5	В кровле - глинистые сланцы; почва-песчаные сланцы	Арочная крепь с деревянными затяжками
Вентиляционный ходок	9-I0	II07	II07	200	9,2	Пласт угля мощностью I,57 м	-"-
Вентиляционная выработка № 2I	I0-II	II07	I0I2	I200	9,2	-"-	-"-
Западный полевой вентиляционный штрек	I3-I4	I0I2	I0I2	400	I3,0	В кровле - песчаник (I/3 периметра сечения выработки); почва - песчаный сланец	Арочная крепь с железобетонными затяжками
-"-	I5-I6	I0I2	I0I2	760	I3,0		
-"-	I7-I8	I0I2	I0I2	300	I3,0		
Вентиляционный квершлаг	20-2I	I0I2	I0I2	200	22,0	-"-	-"-
Вентиляционный ствол	2I-22	I0I2	0	I0I2	50,2	Суммарные мощности пород, пересекаемые стволом: песчаники - 264 м; глинистые и песчаные сланцы - 707 м; известняки - 25 м; угли - I6 м.	Стенки ствола мокрые, бетонная крепь, $\delta_{кр}$ = 0,5 м

Остальная часть утечек воздуха из выработанного пространства поступает в лаву на сопряжении ее с бутовой полосой.

7.2.I.I. Расчет лавы (участок 4-5). Расчет производится по формулам (I.98)-(I.I06) /I/. Исходные данные для расчета приведены в подразделе I.7.5 "Единой методики..." /I/.

$$t = 26,0 \cdot 0,674 + \frac{I - 0,674}{0,986 + 0,075 \cdot 2,722}\left[38,703 + 0,075 \cdot 2,722 \times 8,07 + \frac{3600 \cdot 68640}{5I4I0 \cdot I005}\right] = 29,9^{0}C,$$

где $\Sigma Q_{ми} = 68640$ Вт ;

$$Б = \frac{I542 \cdot I89,9}{II0793 - 3226} = 2,722 ;$$

$$\varphi_{б} = 0,705 + \frac{I92}{I00} \cdot 0,038 = 0,78;$$

$$B = \left(\frac{I + 2,722 \cdot 0,705}{I + 2,722 \cdot 0,78}\right)\left(I + \frac{0,986}{0,075 \cdot 2,722}\right) = 0,674 ;$$

$$A = \frac{3600 \cdot 7,327 \cdot 9,48 \cdot I92}{5I4I0 \cdot I005} + \frac{3600 \cdot I,2 \cdot 5,664 \cdot 0,63 \cdot I92}{5I4I0 \cdot I005} = 0,986;$$

$$E = \frac{3600 \cdot 7,327 \cdot 9,48 \cdot I92}{5I4I0 \cdot I005} \cdot 39,4 + \frac{3600 \cdot I,2 \cdot 5,664 \cdot 0,63 \cdot I92}{5I4I0 \cdot I005} (39,4-3) =$$

$$= 38,703.$$

7.2.I.2. Расчет тепловлажностных параметров воздуха, притекающего из выработанного пространства в лаву и на вентиляционный штрек.

Относительная влажность утечек воздуха при схеме 4б-рассчитывается по формуле (2.9) с учетом данных табл. 7.I.

$$\varphi_{ут} = 0,84 \cdot 0,78 + 0,16 \cdot 0,70 = 0,77.$$

Массовый расход утечек воздуха через выработанное пространство и поступающего в вентиляционную выработку рассчитывается по формуле (2.13).

$$G_{ут} = 60 \cdot 1,24 \cdot 340 = 25300 \text{ кг/ч};$$

$$G_{ут.в} = 60 \cdot 1,24 \cdot 207 = 15400 \text{ кг/ч},$$

где $\rho = 3,483 \cdot 10^{-3} \frac{111093 - 0,82 \cdot 3786}{273 + 29} = 1,24 \text{ кг/м}^3$;

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

$H = 1082$ м - средняя глубина вентиляционной выработки № 14;

$$\varphi_{ср} = \frac{\varphi_{ут} + \varphi_{пр}}{2} = 0,82;$$

$$\varphi_{пр} = 0,51 \cdot 0,77 + 0,47 = 0,86, \text{ [формула (2.7)]}$$

Температура утечек воздуха из выработанного пространства рассчитывается по формуле (4.1)

$$t_{пр} = 29,3 - 0,392 + \frac{1 - 0,392}{3,046 + 0,09 \cdot 3,127}(3,046 \cdot 37,7 + 0,09 \cdot 3,127 \cdot 10,09) =$$

$$= 33,0^{0}C.$$

Величины, входящие в формулу (4.1), определяются следующим образом.

Фактор теплообмена рассчитывается по формуле (4.6)

$$\Gamma = 0,1178 \left(\frac{1,57}{25300} \right)^{0,2} \cdot 200 \cdot 4,25^{0,44} \cdot 0,045^{0,24} = 3,046.$$

где $K_{ск} = 0,103 \quad 1 + 25(0,045 \cdot 200)^{-2} = 0,1178$ (табл. 4.2).

$v_л$ = 4,25 м/сутки, $L_л$ = 200 м, m = 1,57 м.

Комплекс Б в диапазоне температур 20-35°С (табл. 4.1) рассчитывается по формуле (4.4)

$$Б = \frac{1542 \cdot 217{,}6}{111093 - 3786} = 3{,}127.$$

Комплекс В рассчитывается по формуле (4.2)

$$В = \left(\frac{1 + 3{,}127 \cdot 0{,}77}{1 + 3{,}127 \cdot 0{,}86}\right)^{\left(1 + \frac{3{,}046}{0{,}09 \cdot 3{,}127}\right)} = 0{,}392.$$

Температура обрушенных пород выработанного пространства рассчитывается по формуле (4.7)

$$t_{вп} = 0{,}8 \cdot 40{,}1 + 0{,}1\,(26{,}0 + 29{,}9) = 37{,}7°С,$$

где $t_п = 8{,}4 + \frac{1082}{34{,}1} = 40{,}1$, $t_{зп} = 8{,}4°С$, $Г_{ср} = 34{,}1$ м/°С. /1/

Температура утечек воздуха при схеме 4б рассчитывается по формуле (4.5)

$$t_{ут} = 0{,}84 \cdot 29{,}9 + 0{,}16 \cdot 26 = 29{,}3°С.$$

7.2.1.3. Расчет лавы (участок 5-5а).

Тепловлажностные параметры воздуха в лаве в пункте 5 после смешения с притечками из выработанного пространства

$$G_{см} = 51410 + (25300 - 15400) = 61310 \text{ кг/ч};$$

$$t_{см} = \frac{29{,}9 \cdot 51410 + 33{,}0\,(25300 - 15400)}{61310} = 30{,}4°С;$$

$$\varphi_{см} = \frac{0{,}78 \cdot \frac{4219{,}6}{4342{,}8} \cdot 51410 + 0{,}86\,\frac{5031{,}6}{4342{,}8} \cdot 9900}{61310} = 0{,}80.$$

Температура воздуха в конце лавы (пункт 5а) определяется аналогично подразделу 7.2.II при ее длине $l_б$ = 8 м.

($G_л = G_{см}$ = 61310 кг/ч, $t_1 = t_{см}$ = 30,4°С; $\varphi_1 = \varphi_{см}$ = 0,80, φ_2 = 0,78).

$$t_2 = 30,4 \cdot 1,01 + \frac{1 - 1,01}{0,0372 + (-0,02) \cdot 3,546} \left[1,455 + (-0,02) \cdot 3,546 \cdot 12,43 + \right.$$

$$\left. + \frac{3600 \cdot 25100}{61310 \cdot 1005} \right] = 31,3^{\circ}C,$$

где $\Sigma Q_{м.и}$ = 25100 Вт ;

$$Б = \frac{1542 \cdot 244,9}{110793 - 4306} = 3,546;$$

$$A = \frac{3600 \cdot 7,676 \cdot 9,48 \cdot 8}{61310 \cdot 1005} + \frac{3600 \cdot 1,2 \cdot 5,664 \cdot 8}{61310 \cdot 1005} = 0,0372;$$

$$B = \left(\frac{1 + 3,546 \cdot 0,80}{1 + 3,546 \cdot 0,78} \right)^{\left(1 + \frac{0,0372}{(-0,02)\ 3,546}\right)} = 1,01;$$

$$E = \frac{3600 \cdot 7,676 \cdot 9,48 \cdot 8}{61310 \cdot 1005} \cdot 39,4 + \frac{3600 \cdot 1,2 \cdot 5,664 \cdot 8}{61310 \cdot 1005} (39,4 - 3) \cdot$$

$$= 1,455.$$

7.2.2. *При управлении кровлей плавным опусканием или удержанием кровли на кострах.* Коэффициент утечек воздуха через выработанное пространство при схеме 4б согласно табл. 2.1. равен 1,65. Вентиляционный штрек № 14 со стороны выработанного пространства охраняется бутовой полосой шириной 8 м. Коэффициент $K_{утв}$ согласно

формуле (2.2) в этом случае равен

$$K'_{утб} = 1 + (1{,}65 - 1{,}0) \cdot 0{,}90 = 1{,}58.$$

Величины утечек воздуха через выработанное пространство лавы и притечек воздуха в вентиляционный штрек рассчитывается по формулам (2.1) и (2.4)

$$Q_{ут} = (1449 - 429)\left(1 - \frac{1}{1{,}58}\right) = 374 \text{ м}^3/\text{мин};$$

$$Q_{утб} = 374\ (1 - 0{,}39) = 228 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Массовый расход воздуха через выработанное пространство и посту пающего в вентиляционную выработку определяется по формуле (2.13)

$$G_{ут} = 28050 \text{ кг/ч};$$

$$G_{утб} = 17100 \text{ кг/ч},$$

где $\rho = 1{,}25$ кг/м^3; $c_{\rho_{ут}} = 70$;

$\varphi_{пр} = 0{,}78 + 0{,}02 = 0{,}80$, [формула (2.10)] .

7.2.2.1. Расчет лавы (участок 4-5). Расчет температуры воздуха в лаве производится по формулам (1.98)-(1.106) /1/, аналогично подразделу 7.2.1.1, но только при расходе воздуха в лаве, определяемом по формуле (5.1)

$$Q_л = \frac{1449 - 429}{1 + (1{,}65 - 1{,}0)0{,}9} = 645 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Так как расход воздуха через призабойное пространство лавы практически такой же как и при управлении кровлей полным обрушением, принимаем

$$t_б = 29{,}9^0\text{С}.$$

7.2.2.2. Расчет тепловлажностных параметров воздуха, притекающего в лаву и на вентиляционный штрек.

Температура утечек воздуха из выработанного пространства рассчитывается по формуле (4.1)

$$t_{пр} = 26{,}0 \cdot 0{,}619 + \frac{1 - 0{,}619}{1{,}294 + 0{,}1 \cdot 3{,}136} \times$$

$$\times\ (1{,}294 \cdot 40{,}1 + 0{,}1 \cdot 3{,}136 \cdot 10{,}09) = 29{,}1^0\text{С}.$$

фактор теплообмена Г рассчитывается по формуле (4.8)

$$\Gamma = \frac{7200 \cdot 1{,}689 \cdot 15 \cdot 200}{28050 \cdot 1005} = 1{,}294,$$

где $K_{\tau_{по}} = 0{,}5 \cdot 21{,}93\ (0{,}077 + 0{,}077) = 1{,}689$ Вт/(м^2.К), [формула (3.25)].

$\alpha_0 = 18{,}86 \cdot 1{,}163 = 21{,}93$ Вт/(м^2.К) - коэффициент теплоотдачи в лаве для второй технологической дороги (см. Пример теплового расчета "Единой методики..." /1/).

$$z = 170 \cdot \frac{21{,}93}{2034{,}48} \left(\frac{15}{4{,}25}\right)^{0{,}5} = 3{,}442, \text{ формула (3.26)},$$

$$\varepsilon_{п,к} = \frac{1{,}77}{7{,}60 \cdot 10^{-7}} = 2034{,}48, \ \frac{\text{Вт} \cdot \text{с}^{0{,}5}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \text{ формула (3.18)},$$

где $b_1 = 15$ м - ширина зоны утечек воздуха в выработанном пространстве лавы;

$v_л = 4{,}25$ м/сут. - скорость подвигания лавы.

Значение функции $A(z)$ определяется по формуле (3.27) при $z = 3{,}442$

$$A(z) = 0{,}141 - \left[\, 0{,}0154 - (0{,}01 \cdot 3{,}442 - 0{,}141)^2 \,\right]^{0{,}5} = 0{,}077$$

Комплекс Б в диапазоне изменения температуры воздуха 20-35^{0}С (табл. 4.1) определяется по формуле (4.4)

$$Б = \frac{1542 \cdot 217{,}6}{110793 - 3786} = 3{,}136;$$

$$В = \left(\frac{1 + 0{,}70 \cdot 3{,}136}{1 + 0{,}80 \cdot 3{,}136}\right)\left(1 + \frac{1{,}294}{0{,}10 \cdot 3{,}136}\right) = 0{,}619;$$

Температура и относительная влажность утечек воздуха принимаются равными соответственно температуре и относительной влажности воздуха на входе в лаву (согласно п. 4.I).

7.2.2.3. Расчет лавы (участок 5-5а)

Тепловлажностные параметры воздуха в лаве в пункте 5 после смешения с притечками воздуха из выработанного пространства

$$G_{см} = 5I4I0 + (28050 - I7I00) = 62360 \text{ кг/ч};$$

$$t_{см} = \frac{29,9 \cdot 5I4I0 + 29,I\,(28050 - I7I00)}{62360} = 29,8^{0}C;$$

$$\varphi_{см} = \frac{0,78 \cdot \frac{4219,6}{4195,6} \cdot 5I4I0 + 0,80 \cdot \frac{4147,6}{4195,6}\,(28050-I7I00)}{62360}$$

$$= 0,79.$$

Температура воздуха в конце лавы (пункт 5а) определяется аналогично подразделу 7.2.I.3 при ее длине $l_6 = 8$ м ($G_A = G_{см} = 62360$ кг/ч, $t_1 = t_{см} = 29,8^{0}C$, $\varphi_1 = \varphi_{см} = 0,79$, $\varphi_2 = 0,78$)

$$t_2 = 29,8 \cdot 0,9997 + \frac{I - 0,9997}{0,0365 - 0,0I \cdot 3,546}\left[I,43I2 + (-0,0I) \cdot I2,43 \cdot 3,546 + \right.$$

$$\left. + \frac{3600 \cdot 25I00}{62360 \cdot I005} \right] = 30,5^{0}C,$$

где $\sum Q_{мн} = 25100$ Вт;

$$Б = \frac{I582 \cdot 244,9}{II0793 - 4306} = 3,546;$$

$$А = \frac{3600 \cdot 7,676 \cdot 9,48 \cdot 8}{62360 \cdot I005} + \frac{3600 \cdot I,2 \cdot 5,664 \cdot 8}{62360 \cdot I005} = 0,0365,$$

$$B = \left(\frac{1 + 0{,}79 \cdot 3{,}546}{1 + 0{,}78 \cdot 3{,}546}\right)^{\left(1 + \frac{0{,}0365}{(-0{,}01)\cdot 3{,}546}\right)} = 0{,}9997;$$

$$E = \frac{3600 \cdot 7{,}676 \cdot 9{,}48 \cdot 8}{62360 \cdot 1005} \cdot 39{,}4 + \frac{3600 \cdot 1{,}2 \cdot 5{,}664 \cdot 8}{62360 \cdot 1005}(39{,}4-3) =$$

$$= 1{,}4312.$$

7.2.3. При управлении кровлей полной закладкой выработанного пространства. Для закладки используется порода от проходки выработок; принимаем температуру закладки $t_з = 30^0$С, шаг закладки - 5 м. При закладке утечки воздуха через выработанное пространство отсутствуют, т.е. $K_{ут.з} = 1{,}0$, и весь воздух движется по призабойному пространству лавы

$$G = 1020 \cdot 60 \cdot 1{,}26 = 77110 \text{ кг/ч}.$$

7.2.3.1. Расчет лавы (участок 4-5а). Скорость воздуха по технологическим дорогам (I и II) призабойного пространства лавы при

$$\bar{v}_{ср} = \frac{1020}{60 \cdot 3{,}37} = 5{,}04 \text{ м/с}$$ определяется по формулам (I.5) и (I.6) / I/

I дорога $\bar{v}_1 = 1{,}12 \cdot 5{,}04 = 5{,}64$ м/с;

II дорога $\bar{v}_2 = 0{,}62 \cdot 5{,}04 = 3{,}12$ м/с.

Коэффициент теплоотдачи поверхностей окружающего горного массива рассчитывается по формуле (3.2):

для I технологической дороги

$$\alpha_1 = 2{,}33 \cdot 2{,}5(1{,}26 \cdot 5{,}64)^{0{,}8}\left(\frac{7{,}34}{2{,}6}\right)^{0{,}2} = 34{,}42 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)};$$

для II технологической дороги

$$\alpha_2 = 2{,}33 \cdot 2{,}5\,(1{,}26 \cdot 3{,}12)^{0{,}8}\left(\frac{4{,}8}{0{,}7}\right)^{0{,}2} = 25{,}1 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)}.$$

Коэффициенты нестационарного теплообмена для угольного забоя, пород почвы и кровли лавы по дорогам рассчитываются по формулам (3.7) - (3.14):

для угольного забоя

$$K_{\tau_3} = 34{,}42 \left(1 - \frac{84{,}27}{84{,}645} \cdot 0{,}820 \right) = 6{,}30 \ \text{Вт/(м}^2\text{.К)},$$

где $Bi = \frac{34{,}42 \cdot 0{,}71}{0{,}29} = 84{,}27$; $Bi' = 84{,}645$;

$$Fo = \frac{2{,}01 \cdot 10^{-7} \cdot 3600 \cdot 0{,}86}{0{,}71^2} = 0{,}0012;$$

$$z = 84{,}645 \sqrt{0{,}0012} = 2{,}973;$$

$$f(z) = \frac{1{,}0011 \cdot 2{,}973 - 0{,}2575}{2{,}973 + 0{,}3406} = 0{,}820$$

для пород почвы и кровли I технологической дороги лавы

$$K_{\tau_{n_1,к_1}} = 34{,}42 \left(1 - \frac{13{,}807}{14{,}182} \cdot 0{,}739 \right) = 9{,}656 \ \text{Вт/(м}^2\text{.К)}$$

$$Bi = \frac{34{,}42 \cdot 0{,}71}{1{,}77} = 13{,}807; \quad Bi' = 14{,}182;$$

$$Fo = \frac{3600 \cdot 7{,}6 \cdot 10^{-7} \cdot 3{,}43}{0{,}71^2} = 0{,}0186;$$

$$z = 14{,}182 \sqrt{0{,}0186} = 1{,}935;$$

$$f(z) = \frac{1,0774 \cdot 1,935 - 0,0064}{1,935 + 0,8773} = 0,739,$$

для пород почвы и кровли II технологической дороги лавы

$$K_{\tau_{\alpha_2,K_2}} = 25,1 \left(1 - \frac{4,538}{4,913} \cdot 0,837 \right) = 5,693 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)},$$

где $Bi = \frac{25,1 \cdot 0,32}{1,77} = 4,538$; $Bi' = 4,913$;

$$F_0 = \frac{3600 \cdot 7,6 \cdot 10^{-7} \cdot 16,98}{0,32^2} = 0,46 ;$$

$$z = 4,913 \sqrt{0,460} = 3,309 ;$$

$$f(z) = \frac{1,0011 \cdot 3,309 - 0,2575}{3,309 + 0,3406} = 0,837.$$

Коэффициент нестационарного теплообмена между закладочным массивом и воздухом в лаве рассчитывается по формулам (3.15)-(3.21)

$$K_{\tau_b} = 25,1 \quad 0,1754 \cdot 0,05 + (1 - 0,41 \cdot 0,527) \cdot 0,02 = 0,62,$$

где $K'_\alpha = \alpha_2 = 25,1$ Вт/(м^2.К)

$$\psi_0 = \frac{30 - 28}{39,4 - 28} = 0,1754 ;$$

$$K_\varepsilon = \frac{1,07 \cdot 10^3}{2} \left(\frac{1}{2,03 \cdot 10^3} + \frac{1}{2,03 \cdot 10^3} \right) = 0,527 ;$$

$$\bar{z} = 588 \frac{25,1}{1,07 \cdot 10^{3}} \left(\frac{5}{4,25} \right)^{0,5} = 14,96 ;$$

$$N_1(\bar{z}) = 0,05 ; \quad N_2(\bar{z}) = 0,02.$$

Средневзвешенный коэффициент нестационарного теплообмена для призабойного пространства лавы рассчитывается по формуле (I.86) /I/ и равен

$$K_\tau = 6,30 \frac{1,3}{9,48} + 9,656 \frac{4,74}{9,48} + 5,693 \frac{2,2}{9,48} + 0,62 \frac{1,3}{9,48} = 7,098 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Коэффициент нестационарного теплообмена между транспортируемым в лаве углем и воздухом рассчитывается по формуле (I.89) /I/

$$K_{\tau_A} = \frac{0,29}{1,77\sqrt{2,01 \cdot 10^{-7} \cdot 0,06 \cdot 3600} + \frac{0,29}{29,85}} = 13,57 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)},$$

где $\tau_A = \frac{200}{3600 \cdot 0,92} = 0,06$ ч, [формула (I.90)] ;

$$v_{отн} = 5,64 - 0,92 = 4,72 \text{ м/с}, \text{ [формула (I.9I)]} ;$$

$$\alpha_A = 2,33 \cdot 2,5 (1,26 \cdot 4,72)^{0,8} \left(\frac{7,34}{2,6} \right)^{0,2} = 29,85 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)}$$

Температура воздуха в конце лавы рассчитывается по формулам (I.98)-(I.I06) /I/ или (6.5)-(6.II)

$$t_2 = 26,0 \cdot 0,735 + \frac{1 - 0,735}{0,72+0,08 \cdot 2,7223} \left[28,1 + 0,08 \cdot 8,07 \cdot 2,7223 + \right.$$

$$\left. + \frac{3600 \cdot 93740}{7710 \cdot 1005} \right] = 28,8^{0}\text{C},$$

где $A = \frac{3600 \cdot 200\ (7{,}098 \cdot 9{,}48 + 1{,}2 \cdot 13{,}57 \cdot 0{,}63)}{7710 \cdot 1005} = 0{,}72;$

$$E = 3600\ \frac{7{,}098 \cdot 9{,}48 \cdot 200}{7710 \cdot 1005} \cdot 39{,}4 + \frac{1{,}2 \cdot 13{,}57 \cdot 0{,}63 \cdot 200}{7710 \cdot 1005}(39{,}4-3) =$$

$$= 28{,}1;$$

$$Б = \frac{1542 \cdot 189{,}9}{110793 - 3226} = 2{,}7223;$$

$$B = \left(\frac{1 + 2{,}7223 \cdot 0{,}70}{1 + 2{,}7223 \cdot 0{,}78}\right)^{\left(1 + \frac{0{,}72}{0{,}08 \cdot 2{,}7223}\right)} = 0{,}735.$$

7.3. Расчет температуры воздуха в вентиляционной выработке № 14

7.3.1. Температура и относительная влажность воздуха в начале вентиляционной выработки (пункт 8) определяются с учетом значений этих параметров и расхода воздуха в пунктах 5а и 7 и способа управления кровлей в лаве по формулам:

(6.1) и (6.2) при полном обрушении кровли

$$t_1 = \frac{6130 \cdot 31{,}3 + 32400 \cdot 26{,}0}{6130 + 32400} = 29{,}5^{0}C;$$

$$\varphi_1 = \frac{0{,}78 \cdot \frac{4572{,}6}{4123{,}9} \cdot 6130 + 0{,}87\ \frac{3362{,}4}{4123{,}9} \cdot 32400}{6130 + 32400} = 0{,}81,$$

(6.1) и (6.2) при полной закладке выработанного пространства

$$t_2 = \frac{28{,}8 \cdot 7710 + 26{,}0 \cdot 32400}{7710 + 32400} = 28{,}0^{0}C;$$

$$\varphi_2 = \frac{0{,}78 \cdot \frac{3960{,}5}{3781} \cdot 7710 + 0{,}87\ \frac{3362{,}4}{3781} \cdot 32400}{7710 + 32400} = 0{,}80.$$

(6.3) и (6.4) при плавном опускании кровли или удержании на кострах

$$t_1 = \frac{62360 \cdot 30,5 + 32400 \cdot 26,0 + 17100 \cdot 29,1}{62360 + 32400 + 17100} = 29,0\,^{\circ}C;$$

$$\varphi_1 = \frac{0,78\,\frac{4368}{4029,8}\,62360 + 0,87\,\frac{3362,4}{4029,8}\,32400 + 0,80\,\frac{4147,6}{4029,8}\,17100}{62360 + 32400 + 17100} =$$

$$= 0,81.$$

7.3.2. Расчет коэффициента нестационарного теплообмена между горным массивом и воздухом на участке 8-9 вентиляционной выработки № 14 при полном обрушении кровли производится по формуле (3.1)

$$K_\tau = \frac{1}{1 + \frac{1,56}{2 \cdot 9,0 \cdot 1,53}} \cdot \left[\frac{1,56}{2 \cdot 1,53} + \right.$$

$$\left. + \frac{1,56}{60\sqrt{3,14 \cdot 6,81 \cdot 10^{-7} \cdot 38540\,\left(1 + \frac{1,56}{2 \cdot 9,0 \cdot 1,53}\right)}}\right] = 0,562\ \text{Вт/(м}^2\text{.К)},$$

где $\alpha = 2,33 \cdot 1,5\,(1,24 \cdot 2,47)^{0,8}\left(\frac{11,1}{8,5}\right)^{0,2} = 9,0$ Вт/(м^2.К);

$$\rho = 3,483 \cdot 10^{-8}\,\frac{111093 - 0,81 \cdot 4306}{273 + 30,5} = 1,24\ \text{кг/м}^3;$$

$$v = \frac{61310 + 32400}{3600 \cdot 1,24 \cdot 8,5} = 2,47\ \text{м/с}.$$

Теплофизические характеристики горных пород находятся как средневзвешенные по периметру выработки. Часть периметра выработки, занятого пластом угля, равна $\mathcal{U}$ = 1,57, глинистыми и песчаными сланцами $\mathcal{U}$ = 11, 1 - 1,57 = 9,53 м.

Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности пород с учетом данных табл. 2.9 составят

$$\lambda = \frac{1,77 \cdot 9,53 + 1,57 \cdot 0,29}{11,1} = 1,56 \text{ Вт/(м.}^0\text{С)};$$

$$a = \frac{2,60 \cdot 10^{-7} \cdot 9,53 + 2,01 \cdot 10^{-7} \cdot 1,57}{11,1} = 6,81 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}.$$

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

$$\tau = \frac{31680 + 46080 + 2\sqrt{31680 \cdot 46080}}{4} = 38540 \text{ ч}.$$

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

При плавном опускании кровли или удержании на кострах расчет K_τ производится по формуле (3.1)

$$K_\tau = \frac{1}{1 + \frac{1,56}{2 \cdot 10,41 \cdot 1,53}} \left[\frac{1,56}{2 \cdot 1,53} + \right.$$

$$\left. + \frac{1,56}{6\sqrt{3,14 \cdot 6,81 \cdot 10^{-7} \cdot 38540}\left(1 + \frac{1,56}{2 \cdot 10,41 \cdot 1,53}\right)} \right] = 0,568 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)},$$

где $\alpha = 2,33 \cdot 1,5\,(1,24 \cdot 2,95)^{0,8} \left(\frac{11,1}{8,5}\right)^{0,2} = 10,41 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)};$

$$v = \frac{62360 + 32400 + 17100}{3600 \cdot 1,24 \cdot 8,5} = 2,95 \text{ м/с}.$$

При полной закладке выработанного пространства средневзвешенный коэффициент нестационарного теплообмена для выработки должен определяться с учетом влияния закладки, если длина выработки меньше 20 $l_з$. В рассматриваемом случае при $l_з = 5$ м это необходимо

делать при длине выработки до 100 м. В качестве примера выполним такой расчет

$$K_\tau = \frac{K_\tau (U - m) + K_{\tau\delta_3} m}{U} \quad \frac{0{,}568 \cdot (1{,}1 - 1{,}57) + 0{,}486 \cdot 1{,}57}{11{,}1} = 0{,}556 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

где $K_{\tau\delta_3} = 10{,}41\,(0{,}08 \cdot 0{,}165 + 0{,}3) \cdot 0{,}149 = 0{,}486$ Вт/(м^2.К), [формула (3.22)] ;

$$K'_\alpha = \frac{1}{\frac{1}{10{,}41}} = 10{,}41 \text{ Вт/(м}^2\text{.К)}, \quad [\text{формула (3.16)}] ;$$

$$\psi_0 = \frac{30{,}0 - 28{,}0}{40{,}1 - 28{,}0} = 0{,}165, \quad [\text{формула (3.17)}] ;$$

$$\xi = 588 \frac{10{,}41}{1{,}07 \cdot 10^{-8}} \left(\frac{5}{4{,}25}\right)^{0{,}5} = 6{,}207, \quad [\text{формула (3.19)}] ;$$

$$N_3(\xi) = \frac{1}{6{,}207}\left[1 - \frac{1}{3 \cdot 6{,}207} \ln\left(\frac{1 + 4 \cdot 6{,}207}{1 + 6{,}207}\right)\right] = 0{,}149,$$

[формула (3.23)] .

В примере расчета участок выработки (8-9) имеет длину 600 м, поэтому при расчете температуры воздуха в конце выработки № 14 будем использовать значение K_τ без учета влияния закладочного материала ($K_{\tau\delta_3}$).

7.3.4. Температура воздуха в вентиляционной выработке № 14 (пункт 9) при схеме проветривания 4б и полном обрушении кровли определяется по формуле (6.15):

$$t_2 = \frac{1}{3{,}87\,(1 - 0{,}143 \cdot 0)^{1{,}0012}} \left\{4{,}554 + 38{,}375 + 0{,}951\left[3{,}67 \cdot 29{,}5\right.\right.$$

$$\left.\left.(1 - 0{,}143)^{1{,}0012} - 38{,}375 + 18{,}676\right]\right\} = 30{,}3^0\text{C},$$

где $\varphi_9 = 0{,}81 + \frac{0{,}87 - 0{,}81}{2000} \cdot 600 = 0{,}83$ (согласно табл. 2.8);

$$a = \frac{15400}{107800} = 0{,}143 ; \quad b = 1 + 3{,}536 \cdot 0{,}81 = 3{,}864 ;$$

$$B = \frac{1542 \cdot 244{,}9}{111093 - 4306} = 3{,}536; \quad N = 3{,}864 \cdot 0{,}045 \cdot \frac{107800}{3600} \cdot 1005 = 5232{,}77$$

$$A = \frac{0{,}562 \cdot 11{,}1}{5232{,}77} = 0{,}0012 ; \quad \rho = 1{,}0012 ;$$

$$m_1 = (3{,}864)^{1{,}0012} = 3{,}87 ; \quad y = \exp(-0{,}045 \cdot 600) = 0 ;$$

$$K = 0{,}0012 + \frac{3{,}536\,(0{,}83 - 0{,}81)}{3{,}864 \cdot 0{,}045 \cdot 600} = 0{,}0019 ;$$

$$f = \exp\,(-0{,}00187 \cdot 0{,}045 \cdot 600) = 0{,}951 ;$$

$$H = \frac{3{,}87 \cdot 0{,}562 \cdot 11{,}1 \cdot 600 \cdot 0{,}105 \cdot 0{,}0293}{0{,}0019 \cdot 5232{,}77} = 4{,}554 ;$$

$$M = \frac{3{,}87 \cdot 3{,}536 \cdot 12{,}43\,(0{,}83 - 0{,}81)}{3{,}864 \cdot 0{,}045 \cdot 0{,}0019 \cdot 600} = 17{,}437 ;$$

$$\Psi = \frac{4{,}554}{0{,}045 \cdot 0{,}0019 \cdot 600} - 17{,}437 - \frac{3{,}87}{0{,}0019 \cdot 5232{,}77}\,(0{,}562 \cdot 11{,}1 \cdot 40{,}1 +$$

$$+ 9{,}81 \cdot \frac{107800}{3600} \cdot 0{,}105) = -38{,}375 ;$$

$$E = \frac{0{,}143 \cdot 0{,}0019}{1 - 0{,}0019} \left\{ 17{,}437 + \frac{3{,}87}{0{,}0019 \cdot 3{,}864} \left[\frac{9{,}81 \cdot 0{,}105}{0{,}045 \cdot 1005} \right. \right.$$

$$\left. \left. - 3{,}536 \cdot 0{,}81 \cdot 12{,}43 - 33{,}0 - 3{,}127 \cdot 0{,}86\,(33{,}0 - 10{,}09) \right] \right\} = -18{,}676$$

При плавном опускании кровли или удержании на кострах по формуле (6.5)

$$= 29,0 \cdot 0,952 + \frac{1 - 0,952}{0,121+0,02 \cdot 3,536} \; 4,858 + 0,02 \cdot 3,536 \cdot 12,43 +$$

$$+ 600 \cdot 0,105(0,0293 \cdot 0,061 + 9,76 \cdot 10^{-8}) \quad = 29,2^{0}C ,$$

где $Б = \frac{1542 \cdot 244,9}{111093 - 4306} = 3,536$;

$$A = \frac{3600 \cdot 0,568 \cdot 11,1 \cdot 600}{111860 \cdot 1005} = 0,121 ;$$

$$E = 0,121 \cdot 40,1 = 4,858 ;$$

$$B = \left(\frac{1 + 3,536 \cdot 0,81}{1 + 3,536 \cdot 0,83} \right)^{\left(1 + \frac{0,121}{0,02 \cdot 3,536}\right)} = 0,952 ;$$

$$T = \frac{3600 \cdot 0,568 \cdot 11,1 \cdot 600 \left[(0,121 + 0,02 \cdot 3,536) - (1+3,536 \cdot 0,81)(1-0,952) \right]}{111860 \cdot 1005 \; (0,121 + 2 \cdot 0,02 \cdot 3,536)(1-0,952)}$$

$$= 0,061.$$

При полной закладке выработанного пространства по формуле (6.5)

$$t_2 = 28,0 \cdot 0,944 + \frac{1 - 0,944}{0,119+0,03 \cdot 3,536} \left[4,755 + 0,03 \cdot 3,536 \cdot 12,43 + \right.$$

$$\left. + 600 \cdot 0,105 \; (0,0293 \cdot 0,068 + 9,76 \cdot 10^{-8}) \right] \quad = 28,1^{0}C,$$

где $Б = \frac{1542 \cdot 244,9}{111093 - 4306} = 3,536$;

$$A = \frac{3600 \cdot 0,556 \cdot 11,1 \cdot 600}{111860 \cdot 1005} = 0,119 ;$$

$$E = 0{,}119 \cdot 40{,}1 = 4{,}755 ;$$

$$B = \left(\frac{1 + 3{,}536 \cdot 0{,}80}{1 + 3{,}536 \cdot 0{,}83} \right)^{\left(1 + \frac{0{,}119}{0{,}03 \cdot 3{,}536}\right)} = 0{,}944 ;$$

$$T = \frac{3600 \cdot 0{,}556 \cdot 11{,}1 \cdot 600 \left[(0{,}119 + 0{,}03 \cdot 3{,}536) - (1 + 3{,}536 \cdot 0{,}80)(1 - 0{,}944) \right]}{1{,}1860 \cdot 1005 (0{,}119 + 2 \cdot 0{,}03 \cdot 3{,}536)(1 - 0{,}944)}$$

$$= 0{,}068.$$

7.4. Расчет температуры воздуха на последующих участках маршрута с исходящей струей воздуха.

Расчет температуры воздуха на последующих участках вентиляционного маршрута 9-22 (рис. 7.1) независимо от назначения выработок производится по формуле (6.5). Относительная влажность воздуха в выработках с исходящей струей воздуха принимается согласно табл. 2.8. При наличии сосредоточенных утечек воздуха через вентиляционные сооружения из выработок со свежей струей или соединением вентиляционных струй из различных выработок температура и относительная влажность воздуха в начале расчетных участков определяются соответственно по формулам (6.13) и (6.14). 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. 7.1) приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Результаты теплового расчета выработок с исходящей струей

Расчетные величины	Наименование участков						
	Вентиляционный ходок (участок 9-I0)	Вентиляционная выработка № 2I (участок I0-II)	Западный полевой вентиляционный штрек: участок I3-I4	участок I5-I6	участок I7-I8	Вентиляционный квершлаг (участок 20-2I)	Вентиляционный ствол (участок 2I-22)
I	2	3	4	5	6	7	8
U	II,5	II,5	I3,72	I3,72	I3,72	I7,86	25,I2
L	200	I200	400	760	300	200	I0I2
R_0	I,6	I,6	I,89	I,89	I,89	2,46	4,0
H_1	II07	II07	I0I2	I0I2	I0I2	I0I2	I0I2
H_2	II07	I0I2	I0I2	I0I2	I0I2	I0I2	0
φ_1	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293	0,0293
φ_2	0	5	0	0	0	0	0
t_1	30,3	30,3	27,5	27,6	27,8	25,8	24,8
φ_1	0,82	0,82	0,89	0,89	0,89	0,92	I,00
φ_2	0,82	0,87	0,89	0,89	0,89	I,00	I,00
t_2	40,9	40,5	38,I	38,I	38,I	38,I	38,I
n	I,37	I,37	2,03	2,03	2,03	2,03	I,93
ρ	$6{,}02\cdot10^{-7}$	$6{,}02\cdot10^{-7}$	$8{,}84\cdot10^{-7}$	$8{,}84\cdot10^{-7}$	$8{,}84\cdot10^{-7}$	$8{,}84\cdot10^{-7}$	$8{,}84\cdot10^{-7}$
p	III393	III255	II0253	II0253	II0253	II0253	I04I8I
γ	484460	28580	83I60	83I60	83I60	96I30	II3690
ϑ	I,24	I,24	I,25	I,25	I,25	I,25	I,I8
ΣS	9,5	9,5	I5,7	I5,8	I6,0	23,7	7,39

Продолжение табл. 7.

I	1	2	3	4	5	6	7	8
	V	2,67	2,67	5,I4	5,2I	5,27	9,I8	4,26
	K_t	0,476	0,496	0,580	0,583	0,583	0,467	0,253
	ΣQ_{min}	–	–	–	–	–	–	–
	A	0,0358	0,2239	0,0378	0,07I4	0,0278	0,0065	0,0254
		3,5263	3,53I0	2,7360	2,7360	2,7360	2,7360	2,9005
		I,0092	0,9040	0,989I	0,9794	0,9920	0,9390	0,9935
		I,4642	9,0680	I,4402	2,7203	I,0592	0,2477	0,9677
		0	0,I07I	0	0	0	0	0,0072
	t_2	30,3	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. Дополнения к "Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт". М., "Недра", 1981, 79 с.

4. Методика расчета количества воздуха, необходимого для проветривания участков, оборудованных щитовыми агрегатами. ДонУГИ, ИРЦ ПО "Артемуголь", Горловка, 1982, 13 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Парциальное давление насыщенного водяного пара при различных температурах

t ,°C	$\rho_н$,Па	t ,°C	$\rho_н$,Па	t ,°C	$\rho_н$,Па
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	2741,I
8,8	II3I,9	I5,8	I794,5	22,8	2774,4

1	2	1	2	1	2
23,0	2809,1	30,8	4444,4	38,6	6845,8
23,2	2843,8	31,0	4494,3	38,8	6919,9
23,4	2878,4	31,2	4546,0	39,0	6994,1
23,6	2913,1	31,4	4599,1	39,2	7069,8
23,8	2947,7	31,6	4650,0	39,4	7145,5
24,0	2983,7	31,8	4702,8	39,6	7222,3
24,2	3018,4	32,0	4755,6	39,8	7300,2
24,4	3055,7	32,2	4809,5	40,0	7378,0
24,6	3093,1	32,4	4863,3	40,2	7457,5
24,8	3130,0	32,6	4919,6	40,4	7537,0
25,0	3167,7	32,8	4975,6	40,6	7617,5
25,2	3206,1	33,0	5031,6	40,8	7699,1
25,4	3245,9	33,2	5088,6	41,0	7780,7
25,6	3283,5	33,4	5144,1	41,2	7863,9
25,8	3321,9	33,6	5203,6	41,4	7947,1
26,0	3362,4	33,8	5262,2	41,6	8031,3
26,2	3402,4	34,0	5320,9	41,8	8116,6
26,4	3442,4	34,2	5378,5	42,0	8202,0
26,6	3484,2	34,4	5436,1	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	8641,6
27,6	3693,6	35,4	5751,8	43,2	8733,1
27,8	3737,3	35,6	5815,5	43,4	8824,3
28,0	3781,0	35,8	5879,5	43,6	8916,6
28,2	3825,3	36,0	5943,5	43,8	9009,9
28,4	3869,5	36,2	6009,1	44,0	9103,2
28,6	3914,6	36,4	6074,7	44,2	9199,2
28,8	3960,5	36,6	6141,3	44,4	9295,2
29,0	4006,3	36,8	6209,1	44,6	9391,7
29,2	4053,3	37,0	6276,8	44,8	9488,8
29,4	4100,2	37,2	6348,8	45,0	9585,9
29,6	4147,6	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
30,2	4293,2	38,0	6627,4	45,8	9986,6
30,4	4342,8	38,2	6700,0	46,0	10085,5
30,6	4393,2	38,4	6772,5		

Ответственный за выпуск к.т.н. Кузин В.А.

Ротапринт МакНИИ. Заказ № 322-250 экз. БШ02586

Подписано к печати 09.08.84 г.

Макеевка Донецкой обл., Лихачева, 60

gost.e-ecolog.ru