Министерство угольной промышленности СССР

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

МЕТОДИКА

ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ЛАВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАГРУЗКАХ НА ОЧИСТНЫЕ ЗАБОИ

Макеевка—Донбасс
1976

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
08.07.76.

М Е Т О Д И К А
ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ЛАВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ НАГРУЗКАХ НА ОЧИСТНЫЕ ЗАБОИ

Макеевка-Донбасс
1976

УДК 622.413.3:536.244

А Н Н О Т А Ц И Я

Настоящая методика разработана МакНИИ как руководящий материал для прогнозирования температурных условий в лавах с нагрузками на очистной забой до 4000 т/сутки, в которых естественная температура горных пород выше температуры воздуха, и отражает особенности теплообменных процессов при повышенных нагрузках на очистные забои.

В методике приводятся зависимости для определения температуры воздуха в лавах при прямых и обратных тепловых расчетах, а также указания по выбору исходных данных, разработанные на основании теоретических и экспериментальных исследований теплового режима глубоких угольных шахт.

Методика предназначена для инженерно-технических работников угольных предприятий, проектных организаций и научно-исследовательских институтов, занимающихся вопросами нормализации температурных условий в шахтах.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
В В Е Д Е Н И Е	4
I. Выбор исходных данных	6
2. Расчет тепловыделений от местных источников тепла в лавах	I5
3. Тепловой расчет лав	I9
Пример теплового расчета лавы, оборудованной механизированным комплексом	24
П р и л о ж е н и я	3 5

В В Е Д Е Н И Е

Повышение эффективности производства и рост производительности труда в угольной промышленности осуществляются путем технического перевооружения угольных шахт с максимальной концентрацией горных работ на базе новой высокопроизводительной техники и прогрессивной технологии добычи угля.

Оснащение лав новой техникой и внедрение прогрессивной технологии добычи угля способствуют значительному повышению интенсивности очистной выемки. В Донецком бассейне к концу IX-ой пятилетки более трети угля добывалось из комплексно-механизированных лав с нагрузкой на очистной забой выше 1000 тонн в сутки. В отдельных лавах суточная нагрузка на забой составляла 3000-5000 тонн. Более 40% лав с высокими нагрузками располагались на глубине 600-1100 м. В ближайшие годы развитие угольной промышленности бассейна будет характеризоваться дальнейшим значительным ростом среднесуточной нагрузки на лаву и увеличением глубины горных работ.

Повышение нагрузок на очистные забои интенсифицирует теплообменные процессы между горным массивом и вентиляционной струей, что существенно влияет на формирование тепловых условий на выемочных участках. Это определяет необходимость проведения специальных мероприятий по борьбе с высокими температурами воздуха в очистных выработках. Разработка таких мероприятий должна осуществляться на основе прогнозирования тепловых условий. Применяемые методы тепловых расчетов дают удовлетворительную сходимость при невысоких нагрузках на очистные забои (до 500 т/сутки). При нагрузках на забои 1000-2000 тонн в сутки погрешность этих методов достигает 3-5°С.

В настоящей методике, разработанной на основании результатов научно-исследовательских работ, учтены закономерности воздухораспределения на выемочных участках и в призабойных пространствах лав, особенности теплообменных процессов и закономерности изменения относительной влажности в очистных забоях, предложены зависимости для определения тепловыделений в лаве от транспортируемого полезного ископаемого и местных источников.

Методика разработана к.т.н. Кузиным В.А., к.т.н. Хохотвой Н.Н. инж. Яковенко А.К., инж. Бодня С.Ф.

В процессе согласования методики учтены замечания проектных, научно-исследовательских, учебных институтов, производственных объединений по добыче угля и отдельных специалистов.

I. Выбор исходных данных

Тепловому расчету очистных забоев должны предшествовать анализ горногеологических и горнотехнических условий разработки, схем подготовки и систем разработки (схем проветривания выемочных участков, способов управления горным давлением, технологии выемки) и определение тепловлажностных параметров воздуха на входе в лавы.

I.I. Температура неохлажденного горного массива в очистном забое определяется по формуле*)

$$t_п = t_o + \frac{H - h_o}{\Gamma_{ст}}, \text{ град, (I.I)}$$

где t_o - температура горных пород на глубине залегания зоны постоянной температуры, град;

H - глубина выработки от поверхности, м;

h_o - глубина залегания зоны постоянной температуры, м; (для условий Донбасса h_o = 25-30 м);

$\Gamma_{ст}$ - геотермическая ступень для рассматриваемого участка шахтного поля, м/град.

Среднегодовая температура t_o для районов Донбасса принимается: западный район - 7,9°С; северо-восточный район - 8,I°С; среднедонецкий район - 7,I°С; восточный район - 8,3°С.

Средние значения геотермической ступени по отдельным районам Донбасса для шахт с пологим залеганием пластов приведены в табл. I.I.

Для шахт Центрального района Донбасса температура горных пород определяется по графику (рис.I), характеризующему изменение температуры пород с глубиной вдоль оси главной антиклинали. Так, например, для определения по графику ожидаемой температуры пород на глубине 900 м в районе ствола шахты А, находящегося на известном расстоянии от ствола какой-либо исследованной шахты, на оси абсцисс откладывается точка расположения ствола шахты А, из которой вверх проводится прямая до пересечения с линией H= 900 м (точка I). Координата точки I на оси ординат соответствует значению температуры (35°С), ожидаемой на глубине 900 м.

---

*) Указанную формулу рекомендуется применять до разработки методики и установления исходных данных расчета естественных температур горных пород для шахтных полей Донбасса.

Таблица I.I.

Средние значения геотермической ступени по отдельным районам Донбасса

Район, участок	Геотермическая ступень, м/град
Донецко-Макеевский район	
Пролетарский комплекс	27,0
Рутченковский комплекс	31,4
Петровский комплекс	29,2
Щегловский комплекс	31,5
Ветковский комплекс	31,0
Макеевская котловина	33,5
Торезско-Шахтерский район	
Торезский комплекс	39,3
Шахтерский комплекс	35,8
Красноармейский район	31,5
Первомайский (Марьевский) район	28,9
Лисичанский район	
Лисичанский комплекс	28,0
Юго-Западный комплекс	31,2
Кадиевский район	
Юго-восточная часть	31,2
Северо-западная часть	32,0
Брянковский комплекс	31,8
Донбассантрацитовский район	36,0
Свердловский район	35,0
Шахтинский район	
Шахтинский комплекс	34,5
Замковая часть шахтинской котловины	30,5

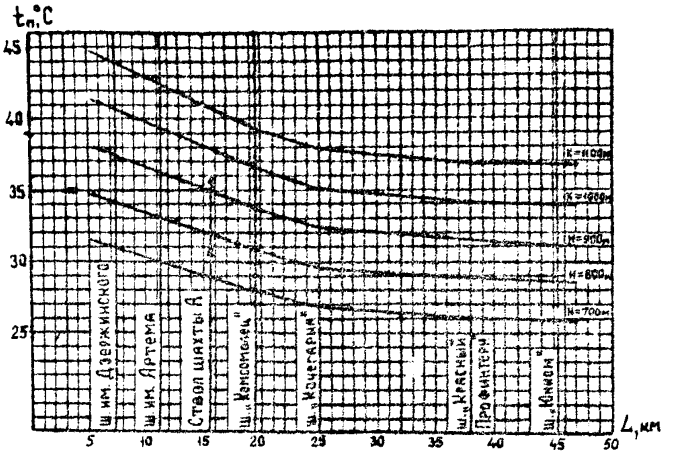


Рис.I.I. Ожидаемые температуры горных пород для шахт Центрального района Донбасса

Для шахтных полей горнопромышленных районов, не приведенных в табл. I.I и на рис. I.I, геотермические показатели следует определять по данным замеров температуры горных пород на наиболее глубоких горизонтах действующих шахт данного района.

I.2. Геометрические характеристики очистных забоев принимаются по проектным данным или результатам шахтных замеров.

I.3. Количество воздуха, поступающего на проветривание лав, принимается по данным расчета вентиляции с учетом воздухораспределения в пределах выемочных участков и очистных выработок

$$Q_{o.з.} = \frac{Q}{P}, \qquad (I.2)$$

где $Q_{o.з.}$ - количество воздуха, проходящего по рабочему пространству лавы, $м^3$/мин;

Q - количество воздуха, поступающего на выемочный участок, $м^3$/мин;

P - коэффициент, учитывающий движение воздуха по выработанному пространству, непосредственно прилегающему к призабойному, и утечки воздуха в воздухоподающих участковых выработках.

Значение коэффициента утечек воздуха P принимается в зависимости от принятой системы разработки, схемы проветривания выемочного участка и способа управления кровлей (табл. I.2).

При управлении кровлей плавным опусканием коэффициент утечек P принимается равным I,60÷2,60.

Приведенные значения коэффициентов утечек воздуха могут уточняться для конкретных условий на основании воздушных съемок.

I.4. Средняя скорость воздуха по технологическим дорогам лав определяется по формулам:

для лав, оборудованных механизированными комплесами:

I дорога

$$v_1 = (1,10 \div 1,15) v_{ср.}, \text{ м/с}; \qquad (I.3)$$

II дорога

$$v_2 = (0,60 \div 0,65) v_{ср.}, \text{ м/с}; \qquad (I.4)$$

Таблица I.2.

Средние значения коэффициента утечек воздуха
в зависимости от принятой системы разработки, схемы проветривания
выемочного участка и способа управления кровлей

Схема проветривания выемочного участка	Примыкание выработок выемочного участка с вентиляционными струями			Значение коэффициента утечек Р					
				Полное обрушение			Частичная закладка		
	Свежей	Исходящей	Подсвежающей	глинистые сланцы	песчанистые сланцы	песчаники	глинистые сланцы	песчанистые сланцы	песчаники
Возвратноточная	к целику	к целику	-	I,25	I,30	I,40	I,10	I,15	I,25
	к целику	к целику	к выработанному пространству	I,50	I,65	I,80	I,20	I,25	I,35
	к выработанному пространству	к выработанному пространству	-	I,40	I,55	I,70	I,20	I,25	I,40
	к выработанному пространству	к выработанному пространству	к целику	I,55	I,70	I,80	I,20	I,25	I,40
Прямоточная	к целику	к выработанному пространству	-	I,30	I,40	I,55	I,20	I,25	I,35
	к целику	к выработанному пространству	к целику	I,50	I,60	I,70	I,20	I,25	I,35
	к выработанному пространству	к целику	-	I,30	I,35	I,45	I,20	I,25	I,30
	к выработанному пространству	к целику	к выработанному пространству	I,50	I,55	I,65	I,20	I,25	I,35

для лав с индивидуальной крепью:

I дорога

$$V_1 = (1{,}1 \div 1{,}2) V_{ср} \text{ , м/с;} \qquad (I.5)$$

II дорога

$$V_2 = (0{,}8 \div 0{,}9) V_{ср} \text{ , м/с;} \qquad (I.6)$$

III дорога

$$V_3 = (0{,}75 \div 0{,}80) V_{ср} \text{ , м/с;} \qquad (I.7)$$

где $V_{ср}$ - средняя скорость движения воздуха в рабочем пространстве лавы, м/с;

I.5. Расчетное время проветривания очистного забоя по периметру:

а) угольного пласта

$$\tau_у = 0{,}279\, \tau_п \text{ , ч,} \qquad (I.8)$$

где $\tau_п$ - среднее время, затраченное на снятие одной полосы угля по длине лавы;

б) породного массива в кровле и почве пласта

по I дороге

$$\tau_1 = \frac{\tau_п (1 + n_1 + 2\sqrt{n_1})}{4} \text{ , ч,} \qquad (I.9)$$

по 2-й дороге

$$\tau_2 = \frac{\tau_п (1 + n_1 + n_2 + 2\sqrt{n_1 n_2})}{4} \text{ ч,} \qquad (I.10)$$

по 3-й дороге

$$\tau_3 = \frac{\tau_п (1 + n_1 + n_2 + n_3 + \sqrt{n_1 n_2 n_3})}{4} \text{ ч,} \qquad (I.11)$$

где n_1, n_2, n_3 количество полос, равных глубине вруба выемочного механизма, вмещающихся соответственно по ширине первой дороги; первой и второй дорог; первой, второй и третьей дорог.

Если по ширине дороги размещается не целое число полос, их количество следует округлять до единицы. Например, 2,4 полосы округляются до 2, а 2,55 полосы - до 3 и т.п.

Для породного массива со стороны выработанного пространства расчетное время проветривания принимается равным времени проветривания последней дороги и определяется по формулам I.IO или I.II.

I.6. Теплофизические свойства горных пород (теплопроводность, температуропроводность, удельная теплоемкость принимаются в соответствии с данными исследований, полученными для соответствующих горнопромышленных районов или шахтных полей. При отсутствии последних можно пользоваться средними для основных вмещающих пород Донбасса данными, приведенными в таблице I.3.

Таблица I.3.

Средние значения для Донбасса теплофизических констант горных пород

Порода	Объемный вес, кг/м³	Теплофизические константы: $\frac{a_n \cdot 10^4}{a_1 \cdot 10^4}$, м²/ч	$\frac{\lambda_n}{\lambda_1}$, ккал/м·ч·град	c, ккал/кг·град	Средние значения: $a_{ср} \cdot 10^4$, м²/ч	$\lambda_{ср}$, ккал/м·ч·град	$c_{ср}$, ккал/кг·град
Песчаник	2440	$\frac{52,2}{37,5}$	$\frac{2,56}{I,84}$	0,20I	44,2	2,20	0,204
Глинистый и песчанистый сланцы	2570	$\frac{32,6}{20,6}$	$\frac{I,87}{I,I8}$	0,223	27,4	I,52	0,2I6
Уголь	I225	$\frac{9,0}{4,8}$	$\frac{0,326}{0,I76}$	0,296	7,2	0,25I	0,283

*) В числителе приведены значения теплофизических констант в параллельном напластованию направлении, в знаменателе - в перпендикулярном.

I.7. Относительная влажность воздуха в начале и конце лав при тепловых расчетах принимается по данным шахтных замеров. При отсутствии последних относительную влажность воздуха рекомендуется принимать в зависимости от вида выполняемых работ в лаве и влажностного состояния горного массива из табл. I.4.

Таблица I.4

Средние значения относительной влажности воздуха в начале лав при повышенных нагрузках на очистные забои и темп ее изменения по их длине

Вид работ в лаве	Уровень относительной влажности воздуха на входе в лавы, %		Величина изменения относительной влажности на IOC и длины лавы, %	
	"сухие"	"влажные"*)	"сухие"	"влажные"*)
Ремонтная смена	73,5	89,0	- I,8	2,5
Добычная смена	70,5	88,0	3,8	3,3

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

I.8. Относительная влажность воздуха в обратных тепловых расчетах при проектировании искусственного охлаждения в пределах выемочного участка принимается в зависимости от доли обрабатываемого воздуха в воздухоохладителе и удаления пункта охлаждения от лавы.

Значения относительной влажности воздуха и темпы ее изменения в воздухоподающих выработках при предельном удалении пункта охлаждения от лавы I50-200 м для наиболее характерных случаев приведены в табл. I.5.

Таблица I.5

Относительная влажность воздуха и темпы ее изменения в воздухоподающих выработках при искусственном охлаждении

Доля воздуха, обрабатываемого в воздухоохладителе, от поступающего по выработке, %	Относительная влажность воздуха в воздухоподающей выработке за пунктом охлаждения, %	Снижение относительной влажности на I00 м длины воздухоподающей выработки,* %	
		"сухие"	"влажные"
95-I00	98-I00	I2-I5	4-5
65-70	9I-94	9-II	2-3

*) Нижний предел снижения относительной влажности принимается для выработок на глубине до 900 м,
верхний - на глубине более I000 м.

Величина изменения относительной влажности воздуха по длине лавы принимается из таблицы I.4.

2. Расчет тепловыделений от местных источников тепла в лавах

2.I. Общее тепловыделение, связанное с конвейерной транспортировкой угля в лаве,

$$Q = 860\left(N\frac{A_ф}{A_н} \pm 2{,}73\cdot10^{-3}A_ф\frac{L_к \sin\Psi}{2}\right) +$$

$$+1{,}2\,K_τ^{охл.}\,B\,L_к\,(t_п - \Delta t - t_1)\ ,\text{ккал/ч}, \qquad (2.I.)$$

где N - установленная суммарная мощность электродвигателей конвейера, квт;

$A_ф$ - фактическая производительность конвейера, т/ч;

$A_н$ - номинальная производительность конвейера, т/ч;

$L_к$ - длина конвейера, м;

B - ширина конвейера, м;

Ψ - угол наклона лавы, град;

$t_п$ - температура пород на глубине выемки угля, град;

t_1 - температура воздуха в начале лавы, град;

Δt - понижение температуры угля вследствии десорбции метана и предварительного увлажнения пласта;

Δt =I,5 ÷ 3,5°С для шахт, разрабатывающих газоносные пласты с предварительным увлажнением угля в массиве;

Δt =0,5-I,0°С для шахт, разрабатывающих негазоносные пласты с предварительным увлажнением угля в массиве;

$K_τ^{охл.}$ - коэффициент нестационарного теплообмена между воздухом и транспортируемым углем, ккал/м^2.ч.град

$$K_τ^{охл.} = \frac{\lambda}{1{,}77\sqrt{a\tau} + \frac{\lambda}{\alpha}}\ , \qquad (2.2.)$$

где a - коэффициент температуропроводности угля, м^2/ч;

λ - коэффициент теплопроводности угля, ккал/м.ч.град;

τ - длительность процесса теплообмена воздуха и отбитого угля, транспортируемого по лаве, час.

Для очистных забоев с нагрузками до I500 т/сутки τ = I,0ч, при суточных нагрузках на лаву свыше I500 т/сутки τ = 0,5 ч.

α - коэффициент теплоотдачи с поверхности транспортируемого угля, ккал/м^2 ч. град

$$\alpha = 2\varepsilon(\gamma v_{отн})^{0,8}\left(\frac{U}{S}\right)^{0,2}, \qquad (2.3)$$

где ε - коэффициент шероховатости, который принимается для очистных забоев $\varepsilon = 2,5 \div 3,5$;

γ - удельный вес рудничного воздуха в лаве, кг/м^3

$$\gamma = 0,465\frac{B}{273+t}, \qquad (2.4)$$

$v_{отн}$ - скорость движения воздуха относительно транспортируемого ископаемого, м/с;

$$v_{отн} = v_i \pm v_к, \qquad (2.5)$$

v_i - скорость движения воздуха в лаве по дороге, на которой расположен конвейер, м/с;

$v_к$ - скорость движения угля в лаве, принимается равной скорости движения скребков конвейера по технической характеристике, м/с;

S - среднее сечение рабочего пространства лавы по дороге, на которой расположен конвейер, м^2;

U - периметр среднего сечения лавы по дороге, на которой расположен конвейер, м.

В формуле (2.I) знак "+" принимается при перемещении ископаемого вниз, а знак "-" при транспортировке его вверх. В формуле (2.5) знак "+" принимается при встречном, а знак "-" при сонаправленном движении воздуха и транспортируемого ископаемого.

При определении тепловыделений, связанных с конвейерной транспортировкой угля в лаве, по источникам поступления тепла (в зависимости от особенностей очистной выемки) расчет ведется следующим образом:

2.I.I. Тепловыделение транспортируемого ископаемого на конвейере определяется по формуле

$$Q_и = 1{,}2\, K_t^{охл} B L'_к (t_п - \Delta t - t_1) \text{ , ккал/ч, (2.6)}$$

где $L'_к$ – длина участка конвейера, покрытого ископаемым, м.

2.I.2. Тепловыделение при работе электродвигателей конвейера:

а) в пунктах установки приводных головок конвейера

$$Q_{э.ком.} = 860 N \frac{A_ф}{A_н}(1 - \eta_д \eta_р) \text{ , ккал/ч, (2.7)}$$

где $\eta_д, \eta_р$ – соответственно кпд электродвигателя и редуктора конвейера;

б) тепловыделение от трения по длине конвейера

$$Q_{тр.} = 860\left(N \frac{A_ф}{A_н} \eta_д \eta_р \pm 0{,}00273 A_ф \frac{L \sin\psi}{2}\right), \text{ ккал/ч. (2.8)}$$

2.2. Тепловыделение при работе комбайна

$$Q_к = 860 N \frac{A_ф}{A_н} \xi_к \text{ , ккал/ч, (2.9)}$$

где N – часовая мощность комбайна, квт;

$A_ф$ – фактическая производительность комбайна, т/ч;

$A_н$ – номинальная производительность, т/ч;

$\xi_к$ – эмпирический коэффициент, $\xi_к$ = 0,5 + 0,6.

2.3. Тепловыделение при работе струговой установки

$$Q_с = 860 N \frac{A_ф}{A_н} \xi_с \text{ , ккал/ч, (2.I0)}$$

$\xi_с$ – эмпирический коэффициент, $\xi_с$ = 0,8 + 0,85.

По источникам выделения тепла:

2.3.I. Тепловыделение в пунктах установки приводных головок струга

$$Q_с = 860 \frac{A_ф}{A_н}(1 - \eta_д \eta_р) N, \text{ ккал/ч. (2.II)}$$

2.3.2. Тепловыделение от трения при работе струга в лаве

$$Q_с = 860 \frac{A_ф}{A_н} \eta_д \eta_р \xi_с N, \text{ ккал/ч. (2.I2)}$$

2.4. Тепловыделение при работе маслостанций гидросистем механизированных крепей

$$Q_{м.с.} = 860Nk \quad \text{, ккал/ч,} \quad (2.I3)$$

где N - мощность, расходуемая на создание энергии потока жидкости в гидросистеме, квт;

k - коэффициент загрузки одновременно работающих электродвигателей маслостанции во времени.

По источникам выделения тепла:

2.4.I. Тепловыделение в пункте размещения маслостанции

$$Q'_{м.с.} = 860Nk(1-\eta_g\eta_m) \quad \text{, ккал/ч.} \quad (2.I4)$$

2.4.2. Тепловыделение гидросистем механизированных крепей в лаве

$$Q_{г.с.} = 860Nk\eta_g\eta_m \quad \text{, ккал/ч,} \quad (2.I5)$$

где η_g - кпд электродвигателя маслонасоса;

η_m - механический кпд маслонасоса, величина η_m принимается равной 0,5-0,6.

2.5. Тепловыделение от приводных головок конвейера, струга, маслостанции, расположенных в начале и в конце лав или вынесенных на штреки, целесообразно не включать в суммарные тепловыделения местных источников при вычислении температуры воздуха в конце (начале) лав, а учитывать локальные приращения температуры воздуха в этих пунктах от указанных источников тепловыделений

$$\Delta t_н = \frac{Q_i}{G c_p}\xi, \quad (2.I6)$$

$$\Delta t_к = \frac{Q_i}{G c_p}\xi, \quad (2.I7)$$

где $\Delta t_н, \Delta t_к$ приращение температуры воздуха в начале или конце лавы за счет тепловыделений привода конвейера, струга, маслостанции и т.д;

Q_i - тепловыделение приводной головки конвейера, струга, маслостанции и т.д;

$\{$ - эмпирический коэффициент, учитывающий долю тепловыделений на сухой подогрев воздуха у источника тепла; для приводных головок конвейеров, где производится перегрузка угля, рекомендуется принимать $\{ = 0,4 + 0,6$; для маслостанций и приводных головок конвейеров без пер грузки угля $\{ = 0,65 + 0,80$.

Тогда расчетная температура воздуха в начале (конце) лавы принимается равной

$$t_1^p = t_1 + \Delta t_н \quad , \text{град}, \qquad (2.18)$$

$$t_2^p = t_2 + \Delta t_к \quad , \text{град}, \qquad (2.19)$$

2.6. Количество тепла, выделяемого одновременно работающими в лаве рабочими, определяется по формуле

$$Q_р = 250\, n_р \quad , \text{ккал/ч}, \qquad (2.20)$$

где $n_р$ - количество одновременно работающих в лаве людей, чел.

3. Тепловой расчет лав

3.I. Температура воздуха в конце лавы определяется по формуле

$$t_2 = N_2 + \sqrt{N_2^2 + D_2\left[t_1 + A_1\left(t_п \pm \frac{\sigma L \gamma_п \psi}{2} - \frac{t_1}{2}\right) \pm \frac{L \gamma_п \psi}{427 c_р} + \frac{\Sigma Q_м}{G c_р}\right]} - \frac{m}{\ell} + \frac{d_1'' - d_1'}{\ell} \cdot \frac{\varphi_1'}{\varphi_2'}\,; \qquad (3.I)$$

где

$$N_2 = K_2 - 0,26 D_2 A_1\,; \qquad (3.2)$$

$$K_2 = -0,5\, D_2\left(1 + \frac{\Sigma n}{G_р} \varphi_2'\right); \qquad (3.3)$$

$$D_2 = \frac{G_р}{\ell\, \varphi_2'} \qquad (3.4)$$

Значения величин $Д_2$ и K_2 в зависимости от относительной влажности φ_2' для различных интервалов температур приведены в приложении I.

$$A_1 = \frac{K_т U L}{G c_р}\,; \qquad (3.5)$$

$$\varphi_{1,2}' = \frac{760}{B} \varphi_{1,2}\,; \qquad (3.6)$$

φ_1', φ_1 – приведенная относительная влажность;

L – длина лавы, м;

U – периметр призабойного пространства лавы, м;

σ – геотермический градиент, $\frac{\text{град}}{\text{м}}$;

φ_1, φ_2 – относительная влажность, замеренная в начале, конце лавы;

ψ – угол наклона лавы, град;

C_p – теплоемкость воздуха, ккал/кг.град; $C_p = 0{,}24$;

$\Sigma Q_м$ – тепловыделения местных источников в лаве, ккал/ ч;

G – количество воздуха, проходящего по рабочему пространству лавы, кг/ч;

K_τ – средневзвешенный коэффициент нестационарного теплообмена периметра рабочего пространства лавы, ккал/м^2. ч. град;

d_1'' – влагосодержание насыщенного воздуха в начале лавы, г/кг;

$B = B_0 + 0{,}09H$ – барометрическое давление в данной точке, мм рт.ст;

B_0 – барометрическое давление на поверхности, мм рт.ст;

r – удельная теплота парообразования воды, $\frac{\text{ккал}}{\text{г}}$; $r = 0{,}59$;

m, n, ℓ – коэффициенты уравнения квадратичной зависимости изменения влагосодержания от температуры, вычисленные для различных диапазонов изменения температуры воздуха.

Значение величины d_1'', входящей в формулу (3.I), в зависимости от начальной температуры воздуха t_1, приведено в приложении 2.

Значения коэффициентов m, n, ℓ приведены в таблице 3.I.

Таблица 3.I

Коэффициенты уравнения квадратичной зависимости изменения влагосодержания от температуры для различных диапазонов изменения температуры при $B = 760$ мм.рт.ст. и $\varphi = 100\%$

Диапазоны изменения температуры, град.	m	n	ℓ	$\frac{m}{\ell}$
0 -I0	3,78	0,267	0,0II96	3I5
5 - I5	3,966	0,2I0	0,0I58	25I
5 - 20	4,II7	0,I68	0,0I8I	229
I0 - 20	4,692	0,089	0,0206	228
I0 - 25	5,224	0,0062	0,0235	222
I5 - 25	6,552	-0,I28	0,0268	244
I5 - 30	7,844	-0,2703	0,0305	257
20 - 30	I0,502	-0,484	0,0347	303
20 -35	I3,26	-0,720	0,0396	335
25 - 35	I8,237	-I,0522	0,045	406
25 - 40	23,644	-I,4306	0,05I6	458
30 - 40	32,5I9	-I,935	0,0586	555

Средневзвешенное значение коэффициента нестационарного теплообмена для лавы определяется по формуле

$$K_{\tau} = K_{\tau_3}\frac{U_3}{U} + (K_{\tau_{n_1}} + K_{\tau_{к_1}})\frac{U_1}{U} + (K_{\tau_{n_2}} + K_{\tau_{к_2}})\frac{U_2}{U} +$$

$$+ K_{\tau_6}\frac{U_6}{U} + (K_{\tau_{n_3}} + K_{\tau_{к_3}})\frac{U_4}{U} \qquad (3.7)$$

В том случае, когда породы кровли и почвы однородны или имеют одинаковые теплофизические константы, формула упрощается

$$K_{\tau} = K_{\tau_3}\frac{U_3}{U} + K_{\tau_{n_1}}\frac{2U_1}{U} + K_{\tau_{n_2}}\frac{2U_2}{U} + K_{\tau_6}\frac{U_6}{U} +$$

$$+ K_{\tau_{n_3}}\frac{2U_4}{U} \qquad (3.8)$$

K_{τ_3} – коэффициент нестационарного теплообмена угольного забоя, ккал/м^2 ч. град;

$K_{\tau_{n_1}}, K_{\tau_{n_2}}, K_{\tau_{n_3}}, K_{\tau_{к_1}}, K_{\tau_{к_2}}, K_{\tau_{к_3}}$ – коэффициенты нестационарного теплообмена соответственно почвы и кровли пласта для первой, второй и третьей дорог лавы, ккал/м.^{2}ч. град;

U_1, U_2, U_3, U_4, U_6 – периметр соответствующих участков поперечного сечения призабойного пространства лавы, м;

U – общий периметр поперечного сечения призабойного пространства лавы, м;

K_{τ_6} – коэффициент нестационарного теплообмена пород выработанного пространства, ккал/м^2. ч. град.

Коэффициенты нестационарного теплообмена $K_{\tau_3}, K_{\tau_{n_1}}, K_{\tau_{n_2}}, \ldots, K_{\tau_6}$ определяются по формуле

$$K_{\tau_i} = \alpha_i\left[1 - \frac{B_i}{B_i} f(\tau)\right], \qquad (3.9)$$

α_i – коэффициент теплоотдачи поверхности соответствующего участка призабойного пространства лавы, ккал/м^2 ч. град.

$$\alpha_i = 2\varepsilon(\gamma v_i)^{0,8}\left(\frac{U_i}{B_i}\right)^{0,2}, \qquad (3.10)$$

v_i – средняя скорость движения воздуха по технологическим дорогам лавы, м/сек;

U_i – периметр соответствующего участка сечения призабойного пространства лавы, м;

S_i – поперечное сечение соответствующего участка призабойного пространства лавы, $м^2$;

Bi – критерий Био

$$Bi = \frac{\alpha_i R_i}{\lambda} , \qquad (3.11)$$

$$Bi' = Bi + 0{,}375 , \qquad (3.12)$$

R_i – эквивалентный радиус выработки, м

$$R = 0{,}564\sqrt{S} , \qquad (3.13)$$

λ – коэффициент теплопроводности окружающих выработку пород, ккал/м.ч.град;

Fo – критерий Фурье

$$F_o = \frac{a\tau_i}{R^2} \qquad (3.14)$$

a – коэффициент температуропроводности окружающих выработку пород, $м^2/ч$;

τ_i – расчетное время проветривания соответствующего участка призабойного пространства лавы, определяемое по формулам (I.8) – (I.II);

z – обобщенное число гомохронности

$$z = Bi'\sqrt{F_o} \qquad (3.15)$$

$f(z)$ – функция обобщенного числа гомохронности, значение которой определяется по формуле

$$f(z) = \frac{1{,}0774z - 0{,}0064}{z + 0{,}8773} \quad при\ 0 < z \le 2, (3.16)$$

$$f(z) = \frac{1{,}0011z - 0{,}2575}{z + 0{,}3406} \quad при\ 2 < z \le 30 (3.17)$$

3.2. Температура воздуха в начале лавы при заданном конечном ее значении определяется по формуле

$$t_1 = \underline{N_1 + \sqrt{N_1^2 + D_1\left[t_2 - A_1\left(t_n^{cp} - \frac{t_2}{2}\right) \mp \frac{L\sin\psi}{2} - \right.}} \rightarrow$$

$$\left. - \frac{\Sigma Q_M}{Gc_p}\right] - \frac{m}{\ell} + \frac{d_2^H}{\ell}\frac{\varphi_2'}{\varphi_1'} , \qquad (3.18)$$

где $$N_1 = K_1 + 0{,}25 D_1 A_1 ; \qquad (3.19)$$

$$D_1 = \frac{c_p}{2 t \varphi_1'} ; \qquad (3.20)$$

$$K_1 = -0{,}5 D_1 \left(1 + \frac{2n}{c_p} \varphi_1'\right) ; \qquad (3.21)$$

t_2 - заданная температура воздуха в конце лавы, град;

d_2'' - влагосодержание насыщенного воздуха в конце лавы, г/кг.

Значения величин D_1, K_1, в зависимости от относительной влажности φ_1' для различных температур приведены в приложении I;

значение d_2'' в зависимости от температуры воздуха в конце лавы t_2 приведено в приложении 2.

Относительная влажность воздуха на входе в лаву при обратном тепловом расчете без кондиционирования воздуха принимается в соответствии с данными таблицы I,4, а при искусственном охлаждении воздуха на участке - в соответствии с рекомендациями раздела I.8 и данными таблицы I.5.

3.3. Предельная длина лавы по тепловому фактору при заданных горнотехнической характеристике и допустимой температуре воздуха в конце лавы определяется по формуле

$$L = \frac{t_1 + \frac{\sum Q_м}{G c_p} + \frac{\frac{d_1''}{t} \cdot \frac{\varphi_1'}{\varphi_1''} - 676 + 52 K_2 - \frac{m}{t}}{D_2}}{\frac{K_t U}{G c_p}\left(\frac{t_2 + t_1}{2} - t_n^{ср}\right) \pm \frac{\sin\psi}{427 c_p}}, м, \qquad (3.22)$$

где

$t_n^{ср}$ - средняя температура пород на глубине выемки угля в лаве, град

$$t_n^{ср} = t_n \pm \frac{\sigma L \sin\psi}{2} . \qquad (3.23)$$

В формулах (3.I), (3.I8), (3.22) знак " + " берется при нисходящем, знак "-" при восходящем движении вентиляционной струи в лаве.

ПРИМЕР

теплового расчета лавы, оборудованной механизированным комплексом

I. Геологические и горнотехнические данные теплового расчета:

мощность пласта - $I_{,}57$ м;
угол падения пласта - 6^{0};
вмещающие пласт породы: - почва - песчанистый сланец;
кровля - глинистый сланец;
влажностное состояние обрушенного горного массива - почва и кровля пласта сухие, капежа в лаве не наблюдается;
глубина ведения очистных работ - 1048 м;
геотермическая ступень - 30 м/град;
система разработки - столбовая (длинные столбы по восстанию);
схема проветривания - прямоточная;
примыкание выработок выемочного участка с вентиляционными струями:
свежей - к целику;
подсвежающей - к целику;
исходящей - к выработанному пространству;
суточная добыча из лавы - 1300 т;
транспортировка ископаемого - конвейерная по выработке с подсвежающей струей;
способ управления кровлей - полное обрушение;
длина лавы - 176 м;
способ выемки угля - комбайном 2К-52Ш;
глубина вруба - 0,63 м;
мощность электродвигателя комбайна - (установленная) - 105 квт;
способ доставки угля в лаве - конвейером СП-87;
количество электродвигателей конвейера - 3;
мощность электродвигателей конвейера:

N = 1х45 квт - в начале лавы;
N = 2х45 квт - в конце лавы;

режим работы лавы - 20 часов в сутки по добыче и 4 часа ремонт;
количество воздуха, поступающего на выемочный участок - 1022 $м^{3}$/мин;

температура воздуха, поступающего в лаву, - 23,2°С;

относительная влажность воздуха - 66%.

2. Определение исходных данных теплового расчета лавы.

2.I. Температура неохлажденного горного массива в соответствии с формулой (I.I)

$$t_n = 7,9 + \frac{1048 - 25}{30} = 41,7^0С.$$

2.2. Геометрические характеристики лавы определяем по данным замеров поперечного сечения призабойного пространства лавы (шахтных или конструктивных):

общее сечение призабойного пространства лавы	- 3,37 м^2;
периметр сечения призабойного пространства лавы	- 9,48 м;
сечение I технологической дороги лавы	- 2,6 м^2;
периметр сечения I технологической дороги	- 7,34 м;
сечение II технологической дороги лавы	- 0,77 м^2;
периметр II технологической дороги	- 4,8 м;
ширина I технологической дороги лавы	- 2,37 м;
ширина II технологической дороги лавы	- I,I м.

2.3. Количество воздуха, проходящего по рабочему пространству лавы, определяется по формуле (I.2) или по данным воздушных съемок. Значение коэффициента Р в формуле (I.2) при заданных схемах проветривания выемочного участка и способе управления кровлей принимается по табл. I.2.

Объемный расход воздуха

$$Q_{об.} = \frac{1022}{I,5} = 682 \text{ м}^3/\text{мин}.$$

Удельный вес воздуха по формуле (2.4)

$$\gamma = 0,465 \frac{839}{273 + 23,2} = I,3 \text{ кг/м}^3.$$

Весовой расход воздуха

$$G = 60 \cdot I,3 \cdot 682 = 53196 \text{ кг/ч}.$$

2.4. Средняя скорость воздуха в рабочем пространстве лавы

$$v = \frac{682}{60 \cdot 3,37} = 3,38 \text{ м/с};$$

Средняя скорость воздуха по I технологической дороге в соответствии с формулой (I.3)

$$v_I = I,I \cdot 3,38 = 3,72 \text{ м/с};$$

Средняя скорость воздуха по II технологической дороге в соответствии с формулой (I.4)

$$V_2 = 0{,}65 \cdot 3{,}38 = 2{,}2 \text{ м/с};$$

2.5. Расчетное время проветривания призабойного пространства лавы определяем по формулам (I.8), (I.9), (I.10).

Количество полос, снимаемых за сутки при добыче из лавы $A_{сут.} = 1300$ т/сутки

$$n = \frac{1300}{215} = 6,$$

где $A_{под}$ - добыча из лавы при снятии комбайном одной полосы;

$$A_{под} = 176 \cdot 1{,}57 \cdot 0{,}63 \cdot 1{,}225 = 215 \text{ т}.$$

Тогда средняя продолжительность снятия одной полосы

$$\tau_n = \frac{24}{6} = 4 \text{ ч}.$$

Количество полос по ширине технологических дорог лавы составляет:

I дорога

$$n_1 = \frac{2{,}37}{0{,}63} = 3{,}76,$$

принимаем к расчету по первой дороге 4 полосы;

II дорога

$$n_2 = \frac{1{,}1}{0{,}63} = 1{,}76,$$

принимаем к расчету по второй дороге 2 полосы.

Подставляя полученные значения в формулы (I.8),(I.9),(I.10) имеем:

для угольного забоя

$$\tau_{заб.} = 0{,}279 \cdot 4 = 1{,}12 \text{ ч};$$

для кровли и почвы I дороги

$$\tau_1 = \frac{4\,(1 + 4 + 2\sqrt{4})}{4} = 9 \text{ ч};$$

для кровли и почвы II дороги и выработанного пространства

$$\tau_2 = \frac{4\,(1 + 4 + 6 + 2\sqrt{4 \cdot 6})}{4} = 20{,}8 \text{ ч.}$$

2.6. Теплофизические коэффициенты горного массива принимаем в соответствии с данными табл. I.3:

коэффициент теплопроводности угля

$$\lambda_у = 0{,}251 \text{ ккал/м.ч.град;}$$

коэффициент теплопроводности пород $\lambda_п = 1{,}52$ ккал/м.ч.град;

коэффициент температуропроводности угля

$$a_у = 0{,}00072 \text{ м}^2/\text{ч;}$$

коэффициент температуропроводности пород

$$a_п = 0{,}00274 \text{ м}^2/\text{ч.}$$

2.7. Относительная влажность воздуха на входе в лаву принимается по данным тепловой съемки $\varphi_1 = 66$ %. На выходе из лавы относительная влажность воздуха принимается по влажностному состоянию горного массива с учетом выполняемых работ в лаве в соответствии с данными табл. I.4. При сухих кровле и почве пласта и отсутствии капежа величина изменения относительной влажности на 100 м длины лавы в добычную смену составляет 3,8 %.

Тогда относительная влажность воздуха на выходе из лавы

$$\varphi_2 = 66 + \frac{176}{100} \cdot 3{,}8 = 72\%.$$

3. Расчет тепловыделений от местных источников тепла в лаве.

3.1. Тепловыделение, связанное с конвейерной транспортировкой угля в лаве:

Тепловыделение при работе электродвигателя конвейера, установленного в начале лавы по формуле (2.7)

$$Q_{э.} = 860 \cdot 45 \cdot \frac{65}{220}\,(1 - 0{,}9 \cdot 0{,}91) = 2100 \text{ ккал/ч.}$$

Тепловыделение электродвигателей конвейера, установленных в конце лавы (на вентиляционной выработке с подсвежающей струей) не учитывается, так как температура воздуха определяется перед приводной головкой.

Тепловыделение от преодоления сил трения по формуле (2.8)

$$Q_{тр.} = 860 \cdot (45 + 45 + 45)\,\frac{65}{220} \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}97 = 2810 \text{ ккал/ч.}$$

Тепловыделение транспортируемого на конвейере выкопаемого определяется по формуле (2.6) для случая, когда комбайн находится в конце лавы и конвейер загружен углем по всей длине.

Скорость движения воздуха относительно движущегося на конвейере угля по формуле (2.4)

$$V_{отн.} = 3,72 - 0,8 = 2,92 \text{ м/с};$$

Коэффициент теплоотдачи с поверхности транспортируемого угля по формуле (2.3)

$$\alpha = 2 \cdot 3(1,30 \cdot 2,92)^{0,8} \cdot \left(\frac{7,34}{2,6}\right)^{0,2} = 21,2 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град.}$$

Коэффициент нестационарного теплообмена между воздухом и транспортируемым углем по формуле (2.2)

$$K_{\tau}^{отн.} = \frac{0,251}{1,77 \cdot \sqrt{0,00072 \cdot 0,5 + \frac{0,251}{21,2}}} = 5,52 \text{ ккал/м}^2\text{ ч.град.}$$

Подставляя вычисленные значения в формулу (2.6), получим

$$Q_{у} = 1,2 \cdot 5,52 \cdot 0,63 \cdot 176(41,7 - 3,0 - 23,2) = 11400 \text{ ккал/ч.}$$

Общее тепловыделение в лаве, связанное с конвейерной транспортировкой угля, составит

$$Q_{к.т.} = 2100 + 28100 + 11400 = 41600 \text{ ккал/ч.}$$

3.2. Тепловыделение при работе комбайна по формуле (2.9)

$$Q_{к.} = 860 \cdot 105 \cdot \frac{65}{168} \cdot 0,5 = 17400 \text{ ккал/ч.}$$

3.3. Тепловыделение гидросистемы механизированной крепи в лаве по формуле (2.15)

$$Q_{г.с} = 860 \cdot 40 \cdot 0,9 \cdot 0,55 = 17100 \text{ ккал/ч.}$$

3.4. Тепловыделение одновременно работающих в лаве людей по формуле (2.20)

$$Q_{л} = 250 \cdot 6 = 1500 \text{ ккал/ч.}$$

3.5. Суммарное тепловыделение местных источников

$$\Sigma Q_м = 2100 + 17400 + 28100 + 11400 + 17100 + 1500 = 77600 \text{ ккал/ч.}$$

4. Тепловой расчет лавы.

Коэффициент теплоотдачи поверхности окружающего горного массива лавы определяется по формуле (3.10):

для I технологической дороги

$$\alpha_1 = 2{\cdot}3(1{,}30 \cdot 3{,}72)^{0{,}8}\left(\frac{7{,}34}{2{,}6}\right)^{0{,}2} = 25{,}6 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град;}$$

для II технологической дороги

$$\alpha_2 = 2{\cdot}3\,(1{,}30 \cdot 2{,}2)^{0{,}8}\left(\frac{4{,}8}{0{,}77}\right)^{0{,}2} = 19{,}85 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град.}$$

Определяем коэффициент нестационарного теплообмена поверхностей призабойного рабочего пространства лавы.

Для угольного забоя:

Эквивалентный радиус по формуле (3.13)

$$R = 0{,}564\sqrt{2{,}6} = 0{,}91 \text{ м.}$$

Критерий Био по формулам (3.11) и (3.12)

$$B_i = \frac{25{,}6 \cdot 0{,}91}{0{,}251} = 93{,}18;$$

$$B_i' = 93{,}18 + 0{,}375 = 93{,}56.$$

Критерий Фурье по формуле (3.14)

$$F_o = \frac{0{,}00072 \cdot 1{,}12}{0{,}91^2} = 0{,}00096.$$

Обобщенное число гомохронности по формуле (3.15)

$$z = 93{,}56\sqrt{0{,}00096} = 2{,}89.$$

Функция $f(z)$ по формуле (3.17)

$$f(z) = 0{,}807.$$

Коэффициент нестационарного теплообмена по формуле (3.9)

$$K_{\tau_2} = 25{,}6 \left(1 - \frac{23{,}18}{93{,}56} \cdot 0{,}807\right) = 5{,}07 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град.}$$

Для пород кровли и почвы пласта I технологической дороги лавы эквивалентный радиус по формуле (3.13)

$$R = 0{,}564\sqrt{2{,}6} = 0{,}91 \text{ м.}$$

Критерий Био по формулам (3.11) и (3.12)

$$Bi = \frac{25{,}6 \cdot 0{,}91}{1{,}52} = 15{,}33;$$

$$Bi' = 15{,}33 + 0{,}375 = 15{,}70.$$

Критерий Фурье по формуле (3.14)

$$F_o = \frac{0{,}00274 \cdot 9}{0{,}91^2} = 0{,}0298.$$

Обобщенное число гомохронности по формуле (3.15)

$$z = 15{,}7 \cdot \sqrt{0{,}0298} = 2{,}71.$$

Функция $f(z)$ по формуле (3.17)

$$f(z) = 0{,}794.$$

Коэффициент нестационарного теплообмена по формуле (3.9)

$$K_{\tau_1} = 25{,}6 \left(1 - \frac{15{,}33}{15{,}70} \cdot 0{,}794\right) = 5{,}78 \text{ ккал/м}^2\text{.ч.град.}$$

Для пород кровли и почвы II технологической дороги лавы: эквивалентный радиус по формуле (3.13)

$$R = 0{,}564\sqrt{0{,}77} = 0{,}5 \text{ м.}$$

Критерий Био по формулам (3.11) и (3.12)

$$Bi = \frac{19{,}85 \cdot 0{,}5}{1{,}52} = 6{,}53;$$

$$Bi' = 6{,}53 + 0{,}375 = 6{,}90.$$

Критерий Фурье по формуле (3.14)

$$F_o = \frac{0,00274 \cdot 20,8}{0,5^2} = 0,2279.$$

Обобщенное число гомохронности по формуле (3.15)

$$z = 6,90 \sqrt{0,2279} = 3,3,$$

функция $f(z)$ по формуле (3.17)

$$f(z) = 0,831.$$

Коэффициент нестационарного теплообмена по формуле (3.9)

$$K_{\tau_{1,1}} = 19,85 \left(1 - \frac{6,53}{6,90} \cdot 0,831\right) = 4,25 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град.}$$

Для выработанного пространства лавы коэффициент нестационарного теплообмена принимается равным

$$K_{\tau_{1,n}} = 4,25 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град.}$$

Средне взвешенный коэффициент нестационарного теплообмена по формуле (3.8)

$$K_{\tau_{ср}} = 5,07 \cdot \frac{1,3}{9,48} + 5,78 \frac{4,74}{9,48} + 4,25 \frac{2,2}{9,48} +$$

$$+ 4,25 \frac{1,24}{9,48} = 5,12 \text{ ккал/м}^2\text{ч.град.}$$

Температура воздуха в конце лавы определяется по формуле (3.1).

Значения коэффициентов A_1, A_2, K_2, N_2 и приведенной относительной влажности φ_1' и φ_2', входящих в формулу (3.1), определяются по формулам (3.2) - (3.6).

$$\varphi_1' = \frac{760}{839} \cdot 0,66 = 0,59;$$

$$\varphi_2' = \frac{760}{839} \cdot 0,72 = 0,64;$$

$$A_1 = \frac{5,12 \cdot 9,48 \cdot 176}{53196 \cdot 0,24} = 0,66;$$

$$D_2 = \frac{0,24}{0,59 \cdot 0,0347 \cdot 0,64} = 18,27;$$

$$K_1 = -0,5 \cdot 18,27 \left[1 + \frac{0,59 \cdot (-0,484)}{0,24} \cdot 0,64 \right] = -2,21;$$

$$N_1 = -2,21 - 0,25 \cdot 18,27 \cdot 0,66 = -5,21.$$

Значения величин D_2 и K_2 в зависимости от относительной влажности φ_2 для различных интервалов температур могут быть определены также по таблице (приложение 1), а d_1^M принимается по соответствующему значению t_1 (приложение 2).

Коэффициенты уравнения квадратичной зависимости изменения влагосодержания от температуры принимаются по табл.3.1 для диапазона температур 20-30°С.

По полученным из расчета или таблиц данным

$$\frac{d_1^M}{\varphi_2} = 527,65.$$

Температура воздуха в конце лавы по формуле (3.1)

$$t_2 = -5,21 + \sqrt{5,21^2 + 18,27 \left[23,2 + 0,66 \left(41,7 - \frac{23,2}{2} \right) + \frac{27600}{53196 \cdot 0,24} \right] - 303 + 527,65 \cdot \frac{0,59}{0,64}} = 28,1 \text{ град.}$$

Допустимая Правилами безопасности температура воздуха на выходе из лавы 26°С может быть достигнута за счет уменьшения длины лавы. Предельная по тепловому фактору длина лавы по формуле (3.22)

$$L_{пр.} = \frac{23,2 + \frac{27600}{53196 \cdot 0,24} + \frac{\frac{527,65 \cdot 0,59}{0,64} - 676 + 52(-2,21) - 303}{13,27}}{\frac{5,12 \cdot 9,48}{53196 \cdot 0,24} \cdot \left(\frac{26 + 23,2}{2} - 41,7 \right)} =$$

$$= 61 \text{ м.}$$

Если полученная длина лавы не обеспечивает требуемые

технико-экономические показатели, то должны применяться другие меры по снижению температуры воздуха.

Увеличение количества воздуха, подаваемого в лаву, не обеспечит нормальные температурные условия в связи с тем , что фактическая скорость воздуха в призабойном пространстве весьма близка по значению к максимально допустимой Правилами безопасности.

Таким образом, основным мероприятием по нормализации температурных условий в рассматриваемой лаве должно быть искусственное охлаждение воздуха.

Температура воздуха на входе в лаву при искусственном охлаждении и заданном конечном ее значении определяется по формуле (3.18).

Принимаем, что охлаждение воздуха производится перед лавой при максимальном удалении пункта охлаждения 100 м. Относительную влажность воздуха за пунктом охлаждения при обработке 65 % поступающего на участок согласно табл. I.5 принимаем равной 93%. Снижение относительной влажности на 100 м штрека составляет 11%. Таким образом, относительная влажность воздуха на входе в лаву составит

$$\varphi_1 = 93 - 11 = 82\%,$$

в конце лавы согласно табл. I.4

$$\varphi_2 = 82 - \frac{176}{100} \cdot 3{,}8 = 75{,}3\ \%.$$

Приведенная относительная влажность воздуха по формуле (3.6)

$$\varphi_1' = \frac{760}{839} \cdot 0{,}82 = 0{,}74;$$

$$\varphi_2' = \frac{760}{839} \cdot 0{,}753 = 0{,}68.$$

Значения величин D_i , K_i , N_i , входящих в формулу (3.18), определяем по формулам (3.19), (3.20), (3.21).

Коэффициенты квадратичной зависимости изменения влагосодержания от температуры для предполагаемого интервала изменения температуры 15-30°С принимаются по табл. 3.I.

$$D_1 = \frac{0{,}24}{0{,}59 \cdot 0{,}0305 \cdot 0{,}74} = 18{,}02;$$

$$K_1 = -0,5 \cdot 18,02 \left[1 + \frac{0,59 \cdot (-0,2703)}{0,24} \cdot 0,74\right] = -4,58;$$

$$N_1 = -4,58 + 0,25 \cdot 18,02 \cdot 0,66 = -1,61.$$

Температура воздуха на входе в лаву

$$t_1 = -1,61 + \sqrt{1,61^2 + 18,02 \left[26 - 0,66 \left(41,7 - \frac{26}{2}\right) - \frac{27600}{53196 \cdot 0,24}\right]} - 257 + \frac{598,4 \cdot 0,68}{0,74} = 18,5 \text{ град.}$$

Численные значения величин $A_{T,2}$ и $K_{T,2}$, входящих в формулы (3.I-3.4, 3.I8-3.22)

Относительная влажность $\varphi_{I,2}$	Пределы изменения температуры воздуха на участке, °С													
	0 – I0		5 – I5		I0 – 20		I5 – 25		20 – 30		25 – 35		30 – 40	
	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$	$A_{I,2}$	$K_{I,2}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4	I5
0,50	67,8	-45,0	5I,5	-32,4	39,5	-2I,9	30,9	-I3,3	24,45	-8,87	I8,9	I,I42	I4,85	8,45
0,55	6I,7	-42,0	46,9	-30,I	36,0	-20,I5	28,I	-II,65	22,2	-4,75	I7,2	2,32	I3,25	9,I5
0,60	56,5	-39,4	43,0	-28,I	32,9	-I8,45	25,7	-I0,75	20,35	-3,8I	I5,75	2,99	I2,I	9,26
0,65	52,2	-37,2	39,7	-26,5	30,2	-I7,25	23,7	-9,78	I8,8	-3,03	I4,55	3,59	II,2	I0,75
0,70	48,4	-35,2	36,8	-25,0	28,2	-I6,25	22,I	-8,98	I7,45	-2,35	I3,5	4,I5	I0,4	I0,55
0,7I	47,8	-35,0	36,3	-24,8	27,8	-I6,05	2I,7	-8,78	I7,2	-2,25	I3,3	4,23	I0,25	I0,6
0,72	47,I	-34,7	35,8	-24,5	27,4	-I5,85	2I,4	-8,57	I6,95	-2,I	I3,I	4,32	I0,I	I0,65
0,73	46,4	-34,2	35,3	-24,3	27,I	-I5,7	2I,I	-8,42	I6,7	-I,98	I2,95	4,4	9,98	I0,75
0,74	45,8	-34,0	34,8	-24,0	26,7	-I5,5	20,8	-8,26	I6,5	-I,88	I2,75	4,5	9,84	I0,85
0,75	45,2	-33,7	34,3	-23,8	26,3	-I5,3	20,55	-8,I3	I6,3	-I,8	I2,6	4,57	9,72	I0,9
0,76	44,6	-33,4	33,9	-23,6	25,0	-I5,I5	20,3	-8,00	I6,05	-I,66	I2,45	4,66	9,58	I0,95
0,77	44,I	-33,I	33,5	-23,4	25,7	-I5,0	20,0	-7,84	I5,85	-I,55	I2,25	4,74	9,47	II,0
0,78	43,5	-32,9	33,0	-23,I	25,3	-I4,8	I9,8	-7,74	I5,65	-I,45	I2,I	4,8	9,34	II,05
0,79	42,9	-32,5	32,6	-22,9	25,0	-I4,65	I9,55	-7,62	I5,45	-I,4	II,95	4,9	9,22	II,I5
0,80	42,4	-32,3	32,2	-22,7	24,7	-I4,5	I9,3	-7,48	I5,25	-I,27	II,8	4,95	9,I	II,2
0,8I	4I,8	-32,0	3I,8	-22,5	24,4	-I4,35	I9,05	-7,34	I5,05	-I,I8	II,65	5,03	9,0	II,25
0,82	4I,3	-3I,7	3I,4	-22,3	24,I	-I4,2	I8,8	-7,24	I4,9	-I,095	II,5	5,II	8,88	II,3
0,83	40,8	-3I,5	3I,I	-22,2	23,8	-I4,05	I8,6	-7,I4	I4,7	-I,0	II,35	5,I6	8,78	II,355
0,84	40,3	-3I,2	30,7	-22,0	23,5	-I3,9	I8,35	-7,02	I4,55	-0,9I5	II,25	5,26	8,66	II,4
0,85	39,9	-3I,0	30,3	-2I,8	23,2	-I3,75	I8,I5	-6,9	I4,35	-0,825	II,I	5,25	8,56	II,45
0,86	39,4	-30,8	30,0	-2I,6	22,9	-I3,6	I7,95	-6,8	I4,2	-0,785	I0,95	5,38	8,47	II,5
0,87	39,0	-30,6	29,6	-2I,4	22,7	-I3,5	I7,75	-6,7	I4,05	-0,66	I0,85	5,42	8,37	II,55
0,88	38,5	-30,4	29,3	-2I,3	22,4	-I3,35	I7,55	-6,56	I3,85	-0,574	I0,75	5,53	8,27	II,60
0,89	38,I	-30,2	29,0	-2I,I	22,2	-I3,25	I7,35	-6,5I	I3,7	-0,5	I0,6	5,56	8,I7	II,6[illegible]
0,90	37,7	-29,9	28,7	-2I,0	2I,95	-I3,I5	I7,I5	-6,42	I3,55	-0,426	I0,5	5,62	8,09	II,7
0,9I	37,3	-29,7	28,3	-20,8	2I,7	-I3,0	I6,95	-6,32	I3,4	-0,355	I0,4	5,67	8,0	II,7
0,92	36,9	-29,6	28,0	-20,6	2I,5	-I2,9	I6,8	-6,23	I3,25	-0,284	I0,25	5,74	7,92	II,7[illegible]
0,93	36,5	-29,4	27,7	-20,4	2I,25	-I2,8	I6,6	-6,I4	I3,I	-0,2I6	I0,I5	5,78	7,83	II,8[illegible]
0,94	36,I	-29,2	27,4	-20,3	2I,05	-I2,7	I6,4	-6,05	I3,0	-0,I495	I0,05	5,8	7,74	II,85
0,95	35,7	-29,0	27,I	-20,2	20,8	-I2,55	I6,25	-5,96	I2,85	-0,0834	9,95	5,92	7,66	II,[illegible]
0,96	35,3	-28,8	26,9	-20,I	20,6	-I2,45	I6,0	-5,87	I2,7	-0,0I9	9,85	5,95	7,58	II,9[illegible]
0,97	35,0	-28,6	26,6	-I9,9	20,35	-I2,35	I5,9	-5,78	I2,55	0,0627	9,75	6,0	7,5	II,97
0,98	34,6	-28,4	26,3	-I9,8	20,I5	-I2,25	I5,75	-5,72	I2,45	0,I24	9,65	6,I0	7,43	I2,02
0,99	34,3	-28,2	26,I	-I9,7	I9,95	-I2,I5	I5,6	-5,64	I2,35	0,I85	9,55	6,I5	7,35	I2,05
I,00	33,9	-28,0	25,8	-I9,5	I9,75	-I2,05	I5,45	-5,56	I2,2	0,244	9,45	6,20	7,28	I2,07

Приложение 2

Психрометрическая таблица влажного воздуха B= 760 мм рт.ст. и φ = 100 %

t, °C	$d^{H}_{1,2}$	t, °C	$d^{H}_{1,2}$	t, °C	$d^{H}_{1,2}$	t, °C	$d^{H}_{1,2}$
I	2	3	4	5	6	7	8
5,0	5,40	I3,8	9,83	22,6	I7,30	3I,4	29,54
5,2	5,48	I4,0	9,97	22,8	I7,50	3I,6	29,88
5,4	5,56	I4,2	I0,09	23,0	I7,70	3I,8	30,24
5,6	5,63	I4,4	I0,23	23,2	I7,94	32,0	30,60
5,8	5,7I	I4,6	I0,36	23,4	I8,I8	32,2	3I,00
6,0	5,79	I4,8	I0,48	23,6	I8,42	32,4	3I,40
6,2	5,87	I5,0	I0,60	23,8	I8,66	32,6	3I,78
6,4	5,95	I5,2	I0,76	24,0	I8,90	32,8	32,I4
6,6	6,04	I5,4	I0,92	24,2	I9,I4	33,0	32,50
6,8	6,I2	I5,6	II,08	24,4	I9,38	33,2	32,90
7,0	6,2I	I5,8	II,24	24,6	I9,62	33,4	33,30
7,2	6,29	I6,0	II,40	24,8	I9,86	33,6	33,70
7,4	6,38	I6,2	II,52	25,0	20,I0	33,8	34,I0
7,6	6,47	I6,4	II,64	25,2	20,34	34,0	34,50
7,8	6,56	I6,6	II,78	25,4	20,58	34,2	34,90
8,0	6,66	I6,8	II,94	25,6	20,82	34,4	35,30
8,2	6,74	I7,0	I2,I0	25,8	2I,06	34,6	35,72
8,4	6,83	I7,2	I2,26	26,0	2I,30	34,8	36,I6
8,6	6,93	I7,4	I2,42	26,2	2I,58	35,0	36,60
8,8	7,03	I7,6	I2,58	26,4	2I,86	35,2	37,04
9,0	7,I3	I7,8	I2,74	26,6	22,I4	35,4	37,48
9,2	7,23	I8,0	I2,90	26,8	22,42	35,6	37,92
9,4	7,33	I8,2	I3,I0	27,0	22,70	35,8	38,36
9,6	7,43	I8,4	I3,30	27,2	22,96	36,0	38,80
9,8	7,53	I8,6	I3,48	27,4	23,26	36,2	39,24
I0,0	7,63	I8,8	I3,64	27,6	23,54	36,4	39,68
I0,2	7,73	I9,0	I3,80	27,8	23,82	36,6	40,I4
I0,4	7,83	I9,2	I3,96	28,0	24,I0	36,8	40,62
I0,6	7,94	I9,4	I4,I2	28,2	24,38	37,0	4I,I0
I0,8	8,04	I9,6	I4,30	28,4	24,66	37,2	4I,58
II,0	8,I6	I9,8	I4,50	28,6	24,96	37,4	42,06
II,2	8,26	20,0	I4,70	28,8	25,28	37,6	42,54
II,4	8,38	20,2	I4,90	29,0	25,60	37,8	43,02
II,6	8,49	20,4	I5,I0	29,2	25,92	38,0	43,50
II,8	8,6I	20,6	I5,30	29,4	26,24	38,2	44,02
I2,0	8,73	20,8	I5,50	29,6	26,56	38,4	44,54
I2,2	8,85	2I,0	I5,70	29,8	26,88	38,6	45,06
I2,4	8,97	2I,2	I5,90	30,0	27,20	38,8	45,58
I2,6	9,09	2I,4	I6,I0	30,2	27,52	39,0	46,I0
I2,8	9,2I	2I,6	I6,30	30,4	27,84	39,2	46,66
I3,0	9,33	2I,8	I6,50	30,6	28,I8	39,4	47,22
I3,2	9,45	22,0	I6,70	30,8	28,54	39,6	47,76
I3,4	9,58	22,2	I6,90	3I,0	28,90	39,8	48,28
I3,6	9,7I	22,4	I7,I0	3I,2	29,22	40,0	48,80

Ответственный за выпуск инж. Яковенко А.К.
Ротапринт МакНИИ. Заказ I22I-300 экз. Объем 2,6 печ.л.
БП 00611.Подп.к печ. 27.07.76 г.

г. Макеевка Донецкой обл., ул.Лихачева, 60

Приложение 3

А Л Г О Р И Т М

расчета температурных условий в лавах

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ПОЯСНЕНИЯ К АЛГОРИТМУ

При определении температурных условий в лавах с повышенными нагрузками на очистные забои возникает необходимость в решении следующих задач:

I. Определить температуру воздуха на выходе из лавы при известных входных параметрах вентиляционной струи.

2. При известных входных параметрах и допустимой по "Правилам безопасности ..." температуре воздуха на выходе из лавы определить ее предельную длину без применения искусственного охлаждения воздуха.

3. Определить температуру воздуха в начале лавы при заданной допустимой по "Правилам безопасности ..." температуре воздуха в конце лавы.

Учитывая сложность расчетных зависимостей и необходимость выполнения большого количества расчетов при разработке проектов, указанные задачи целесообразно решать на ЭВМ. Метод решения задач заключается в последовательной реализации расчетных зависимостей в соответствии с блок-схемами алгоритма, которые приведены на листах стандартного образца. Необходимая исходная информация приведена в таблице приложения № 3. При разработке алгоритма использованы "Методика теплового расчета лав при повышенных нагрузках на очистные забои" и "Методические и инструктивные материалы по оформлению алгоритмов и программ модулей" (Центрогипрошахт, М., 1975 г.).

Алгоритм разработали к.т.н. Нарышкин Г.А., инж. Стародубцева Т.М. (Донгипрошахт) и к.т.н. Кузин В.А., инж. Яковенко А.К. (МакНИИ).

Таблица

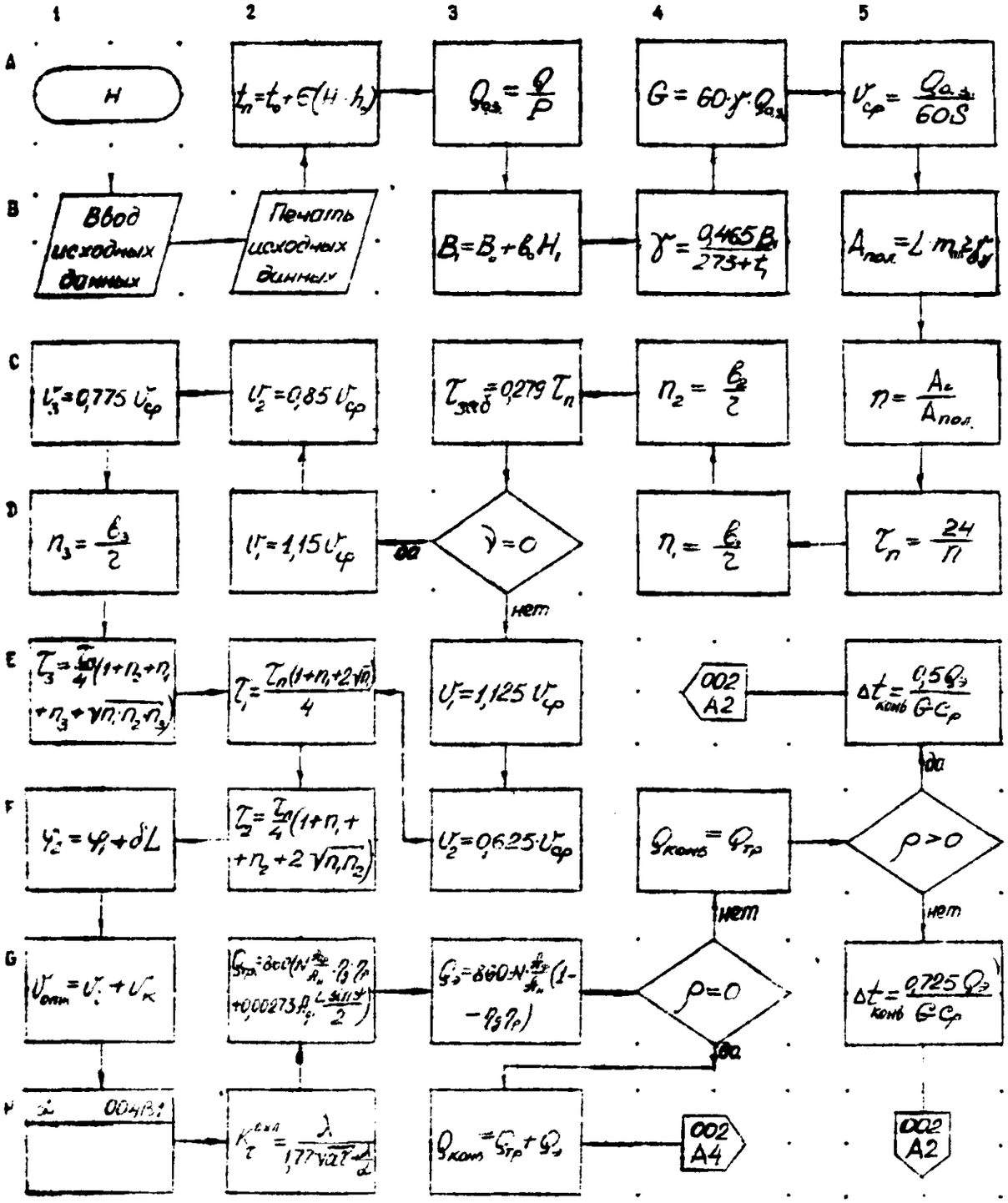
Исходная информация

№ пп	Наименование величин в тексте	Единицы измерения	Обозначения прямой расчет	Обозначения обратный расчет	Примечание
I	2	3	4	5	6
I.	Температура воздуха, поступающего в лаву	^{o}C	t_1	-	
2.	Температура воздуха на выходе из лавы	^{o}C	-	t_2	
3.	Количество воздуха, поступающего на выемочный участок	$м^3/мин$	Q	Q	
4.	Относительная влажность воздуха на входе в лаву	%	φ_1	φ_1	
5.	Относительная влажность воздуха на выходе из лавы	%	φ_2	φ_2	
6.	Сбнее сечение призабойного пространства лавы	$м^2$	S	S	
7.	Периметр сечения призабойного пространства	м	u	u	
8.	Сечение I технологической дороги лавы	$м^2$	S_1	S_1	
9.	Периметр I технологической дороги лавы	м	u_1	u_1	
IO.	Ширина I технологической дороги лавы	м	b_1	b_1	
II.	Сечение II технологической дороги лавы	$м^2$	S_2	S_2	
I2.	Периметр II технологической дороги лавы	м	u_2	u_2	
I3.	Ширина II технологической дороги лавы	м	b_2	b_2	
I4.	Сечение III технологической дороги лавы	$м^3$	S_3	S_3	
I5.	Периметр III -"- -"- -"-	м	u_3	u_3	
I6.	Ширина III -"- -"- -"-	м	b_3	b_3	
I7.	Длина лавы	м	L	L	
I8.	Глубина ведения очистных работ на входе в лаву	м	H_1	-	
I9.	Глубина ведения очистных работ на выходе из лавы	м	-	H_2	
20.	Мощность пласта	м	m_{min}	m_{min}	

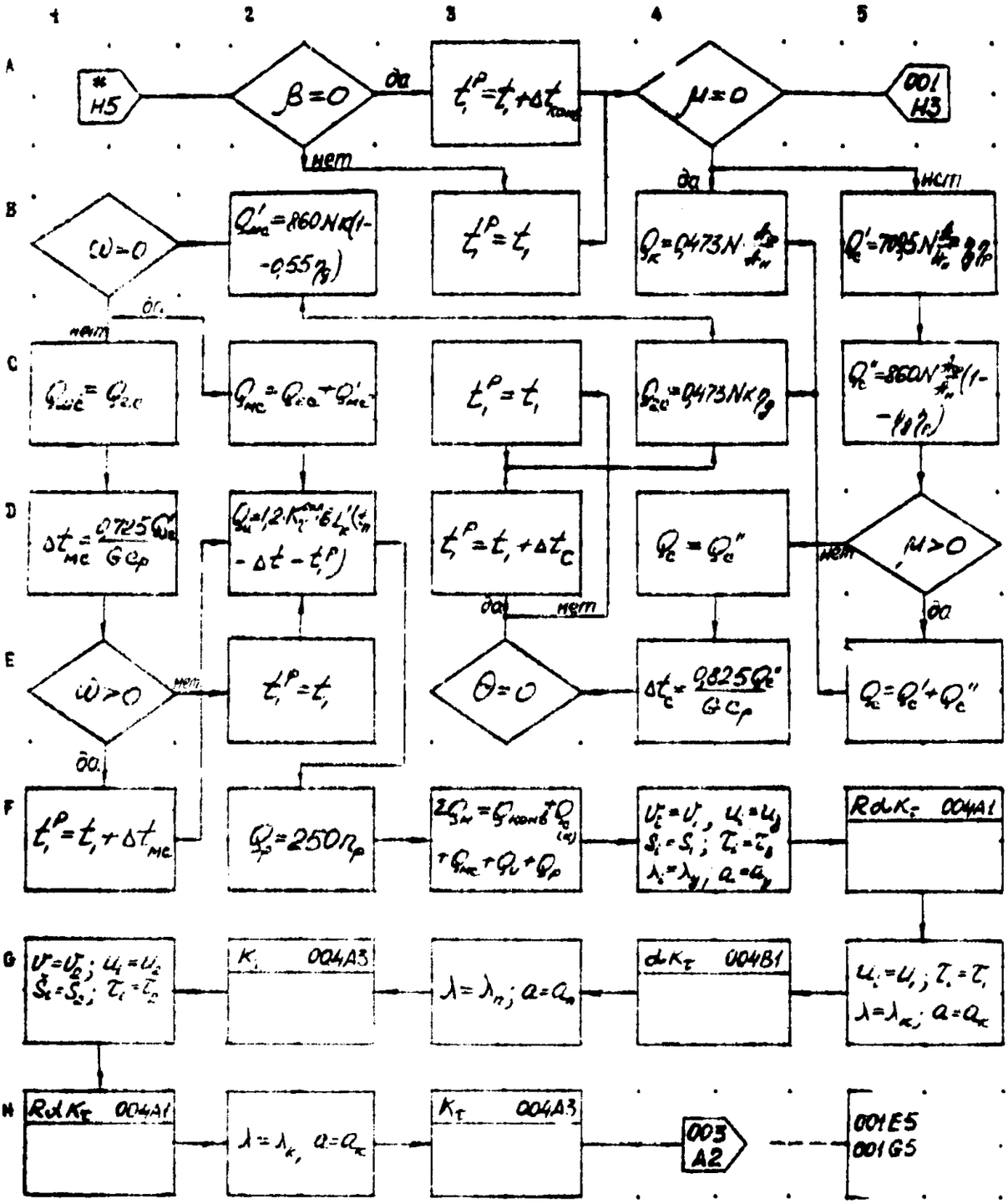
I	2	3	4	5	6
21.	Угол падения пласта	град	$\pm\psi$	$\pm\psi$	"+" при перемещении ископаемого вниз
22.	Геотермический градиент	град/м	σ	σ	
23.	Суточная добыча из лавы	т/сут	Ac	Ac	
24.	Глубина вруба	м	z	z	
25.	Коэффициент шероховатости	–	ε	ε	
26.	Длительность процесса теплообмена воздуха и отбитого угля, транспортируемого по лаве	ч	τ	τ	
27.	Температура горных пород на глубине залегания зоны постоянной температуры	град	t_0	t_0	
28.	Глубина залегания зоны постоянной температуры	м	h_0	h_0	
29.	Барометрическое давление на поверхности у ствола	мм вод.ст.	B_0	B_0	
30.	Приращение атмосферного давления на I м глубины	$\frac{\text{мм вод.ст.}}{\text{м}}$	b_0	b_0	
31.	Коэффициент, учитывающий движение воздуха по выработанному пространству, непосредственно прилегающему к призабойному пространству, и утечки воздуха в воздухоподающих участковых выработках	–	p	p	
32.	Объемный вес угля	т/м^3	γ_y	γ_y	
33.	Коэффициент теплопроводности угля	ккал/м.ч.град	λ_y	λ_y	
34.	Коэффициент теплопроводности пород почвы	ккал/м.ч.град	$\lambda_п$	$\lambda_п$	
35.	Коэффициент теплопроводности пород кровли	ккал/м.ч.град	$\lambda_к$	$\lambda_к$	
36.	Коэффициент температуропроводности угля	м^2/ч	a_y	a_y	
37.	Коэффициент температуропроводности пород почвы	м^2/ч	$a_п$	$a_п$	
38.	Коэффициент температуропроводности пород кровли	м^2/ч	$a_к$	$a_к$	
39.	Величина изменения относительной влажности на 100 м длины лавы	%/м	δ	δ	
40.	Высота забоя	м	$u_з$	$u_з$	

1	2	3	4	5	6
41.	Высота выработанного пространства	м	$H_в$	$H_в$	
42.	Установленная суммарная мощность электродвигателей конвейера	квт	N	N	
43.	Фактическая производительность конвейера	т/ч	Аф	Аф	
44.	Номинальная производительность конвейера	-"-	Ан	Ан	
45.	Длина конвейера	м	$L_к$	$L_к$	
46.	Ширина конвейера	м	B	B	
47.	Понижение температуры угля вследствие десорбции метана и предварительного увлажнения пласта	°С	Δt	Δt	
48.	Скорость движения угля в лаве	м/с	$\pm v$	$\pm v$	"+" при встречном движении воздуха и транспортируемого угля
49.	КПД электродвигателя	-	$\eta_э$	$\eta_э$	
50.	КПД редуктора	-	$\eta_р$	$\eta_р$	
51.	Часовая мощность комбайна	квт	N	N	
52.	Фактическая производительность комбайна	т/ч	Аф	Аф	
53.	Номинальная производительность комбайна	-"-	Ан	Ан	
54.	Мощность, расходуемая на создание энергии потока жидкости в гидросистеме	квт	N	N	
55.	Количество одновременно работающих в лаве людей	чел.	$n_р$	$n_р$	
56.	Коэффициент загрузки одновременно работающих электродвигателей маслостанции во времени	-	K	K	
57.	КПД электродвигателя маслонасоса	-	$\eta_э$	$\eta_э$	
58.	Коэффициенты уравнения квадратичной зависимости изменения влагосодержания от температуры, вычисленные для различных диапазонов изменения температуры воздуха	-	m,n,ℓ	m,n,ℓ	

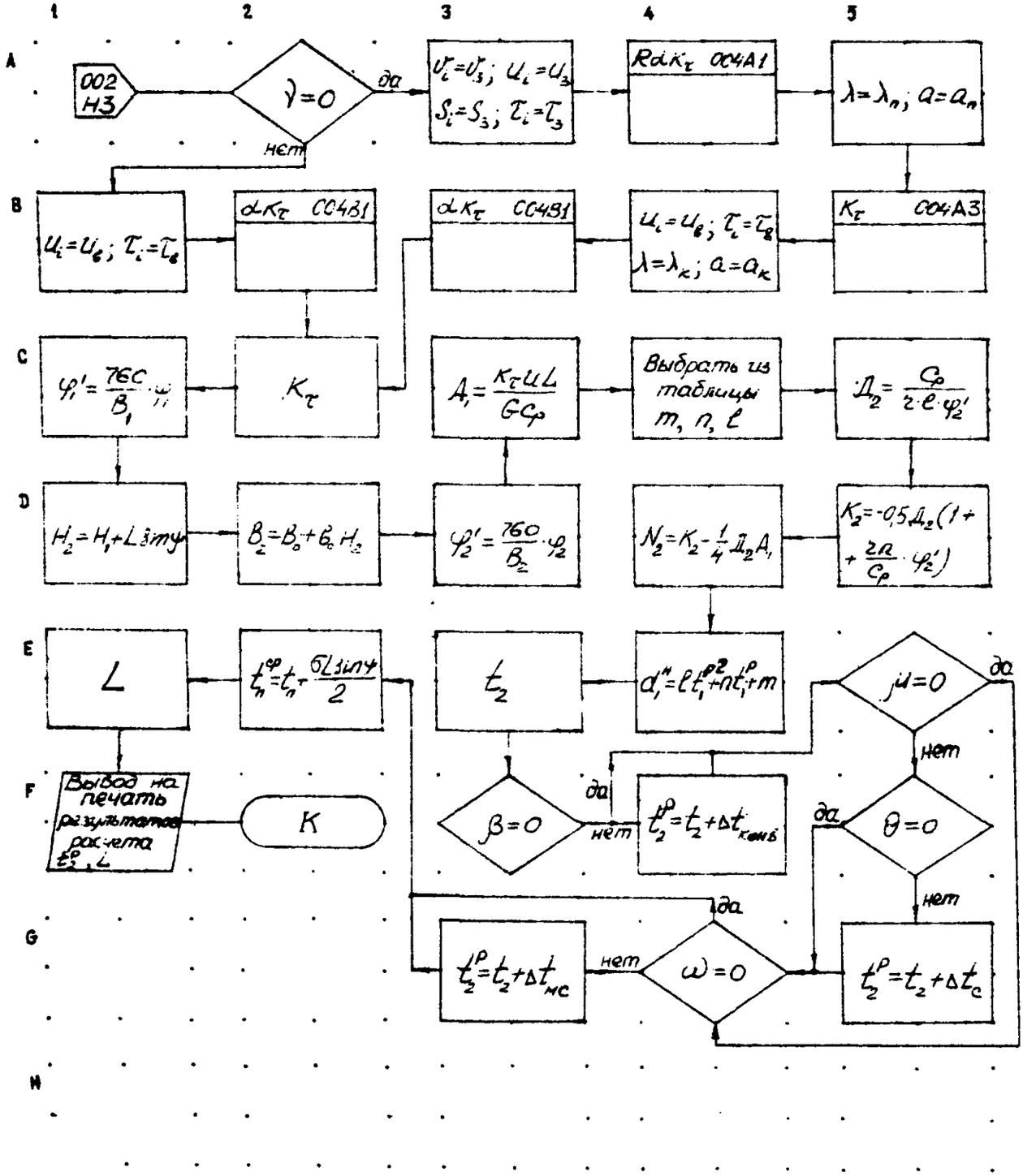
1	2	3	4	5	6
59.	Номер технологической дороги, на которой расположен конвейер	–	i	i	
60.	Тип крепи	–	ν	ν	$\nu = 0$ — индивидуальная крепь
61.	Место расположения приводной головки		ρ	ρ	$\rho = 0$ — в лаве; $\rho > 0$ — с перегрузкой угля; $\rho < 0$ — без перегрузки
62.	конвейера (в лаве или нет)	–	β	β	$\beta = 0$ — в начале лавы; $\beta \neq 0$ — в конце лавы
63.	Комбайн или струг и место его расположения		θ	θ	$\mu = 0$ — комбайн; $\mu \neq 0$ — струг.
64.	в лаве		μ	μ	$\mu > 0$ — приводная головка струга в лаве; $\theta = 0$ — приводная головка струга в начале лавы
65.	Место расположения маслостанций на добычном участке	–	ω	ω	$\omega = 0$ — в лаве; $\omega > 0$ — перед лавой.



БЛОК - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Тепловой расчет зав при повышенных нагрузках на очистные заводы			
ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК	Донгипроцемент, [illegible]			
РАЗРАБОТАЛ		ДАТА	ПОДПИСЬ	ЛИСТ 001
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				

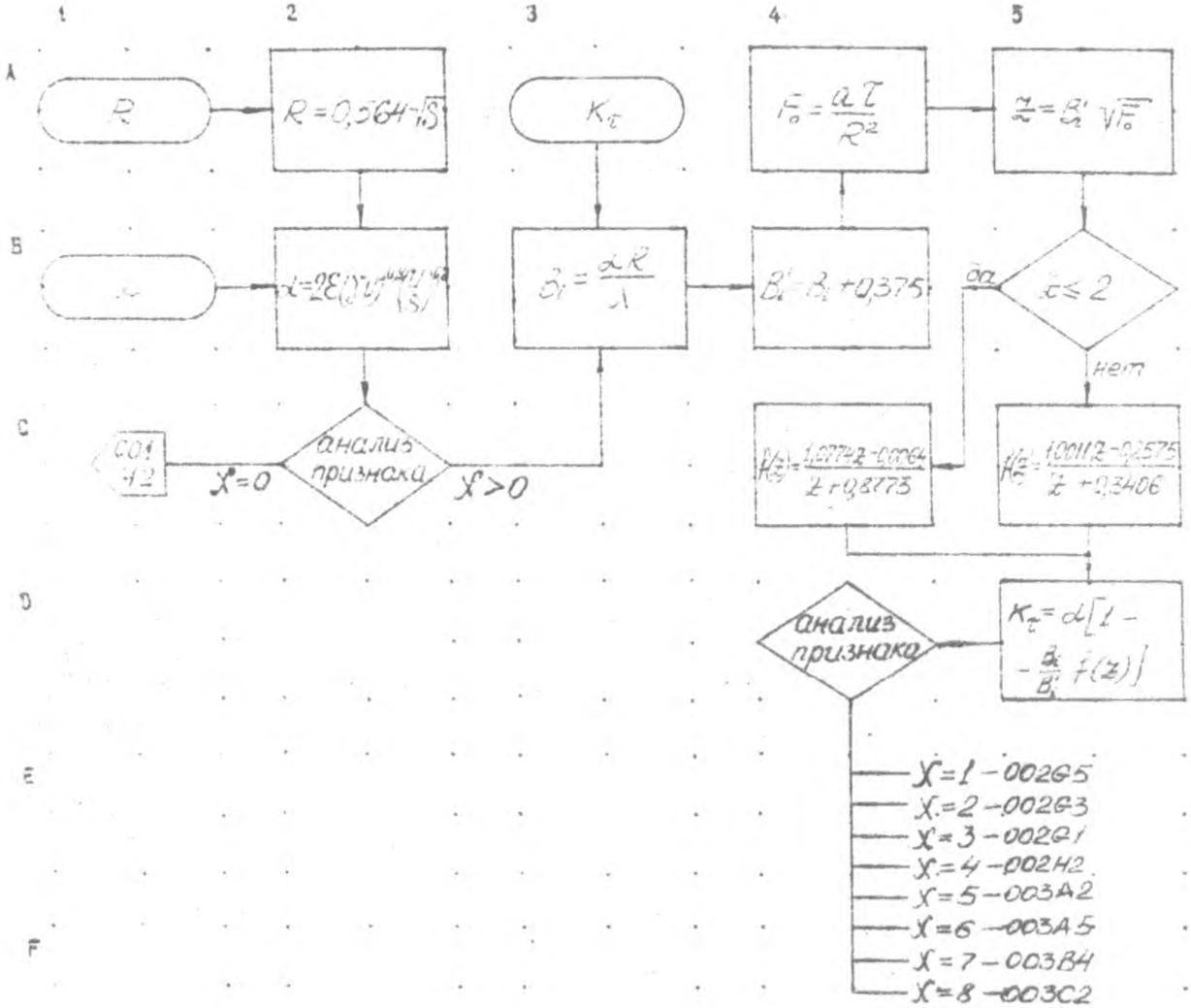


БЛОК - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои			
ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК	Донгипроуглеавт, МакНИИ			
РАЗРАБОТАЛ	ДАТА	ПОДПИСЬ		ЛИСТ 002
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				



- 45 -

БЛОК - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои			
ОРГАНИЗАЦИЯ - -РАЗРАБОТЧИК	Донгипроуголь, МакНИИ			
РАЗРАБОТАЛ	ДАТА	ПОДПИСЬ		ЛИСТ 003
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				

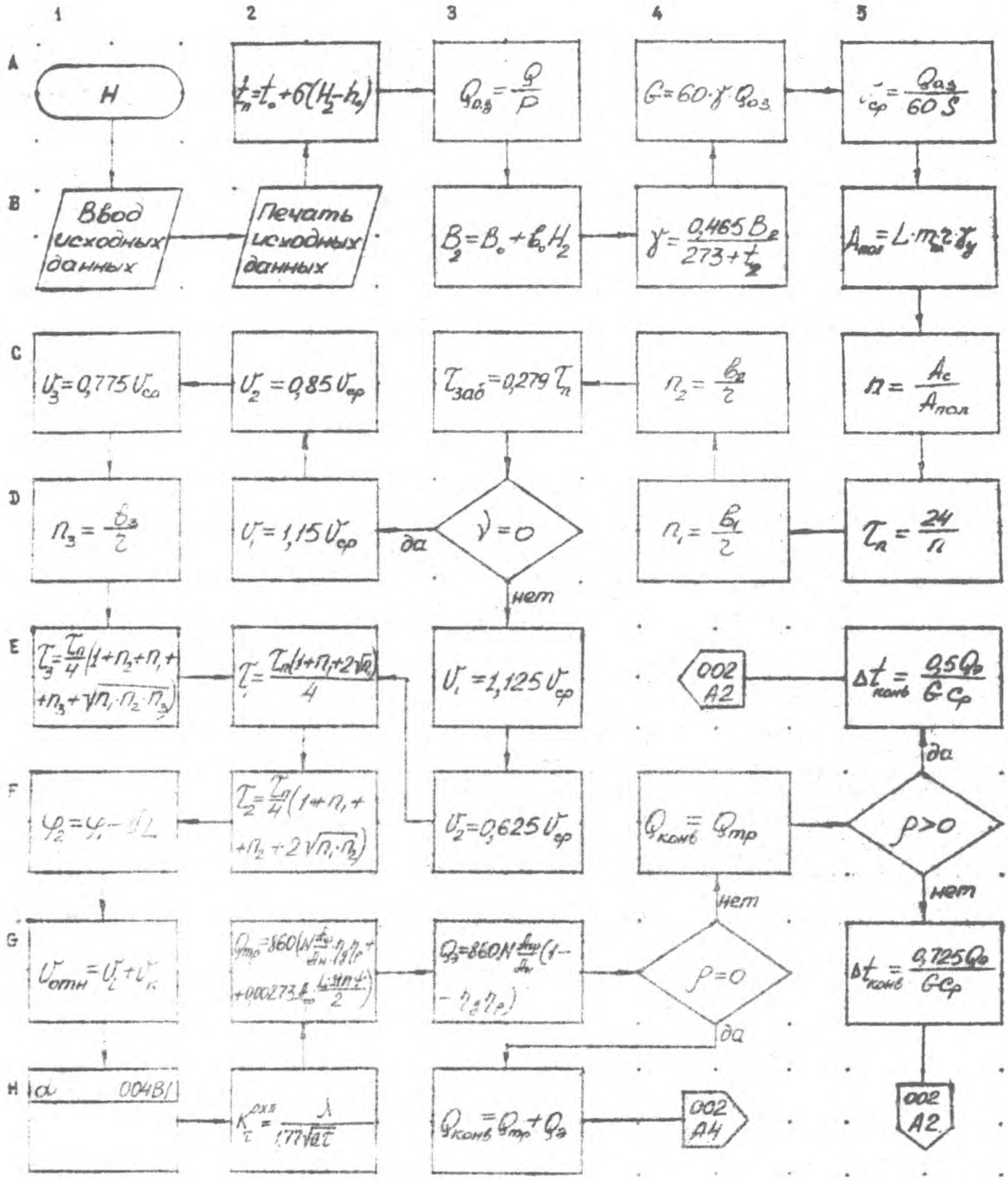


$$K_\tau = K_{\tau_з}\cdot\frac{U_з}{U} + (K_{\tau_{п_1}} + K_{\tau_{к_1}})\cdot\frac{U_1}{U} + (K_{\tau_{п_2}} + K_{\tau_{к_2}})\cdot\frac{U_2}{U} + (K_{\tau_{п_3}} + K_{\tau_{к_3}})\cdot\frac{U_3}{U} + K_{\tau_в}\cdot\frac{U_в}{U}$$

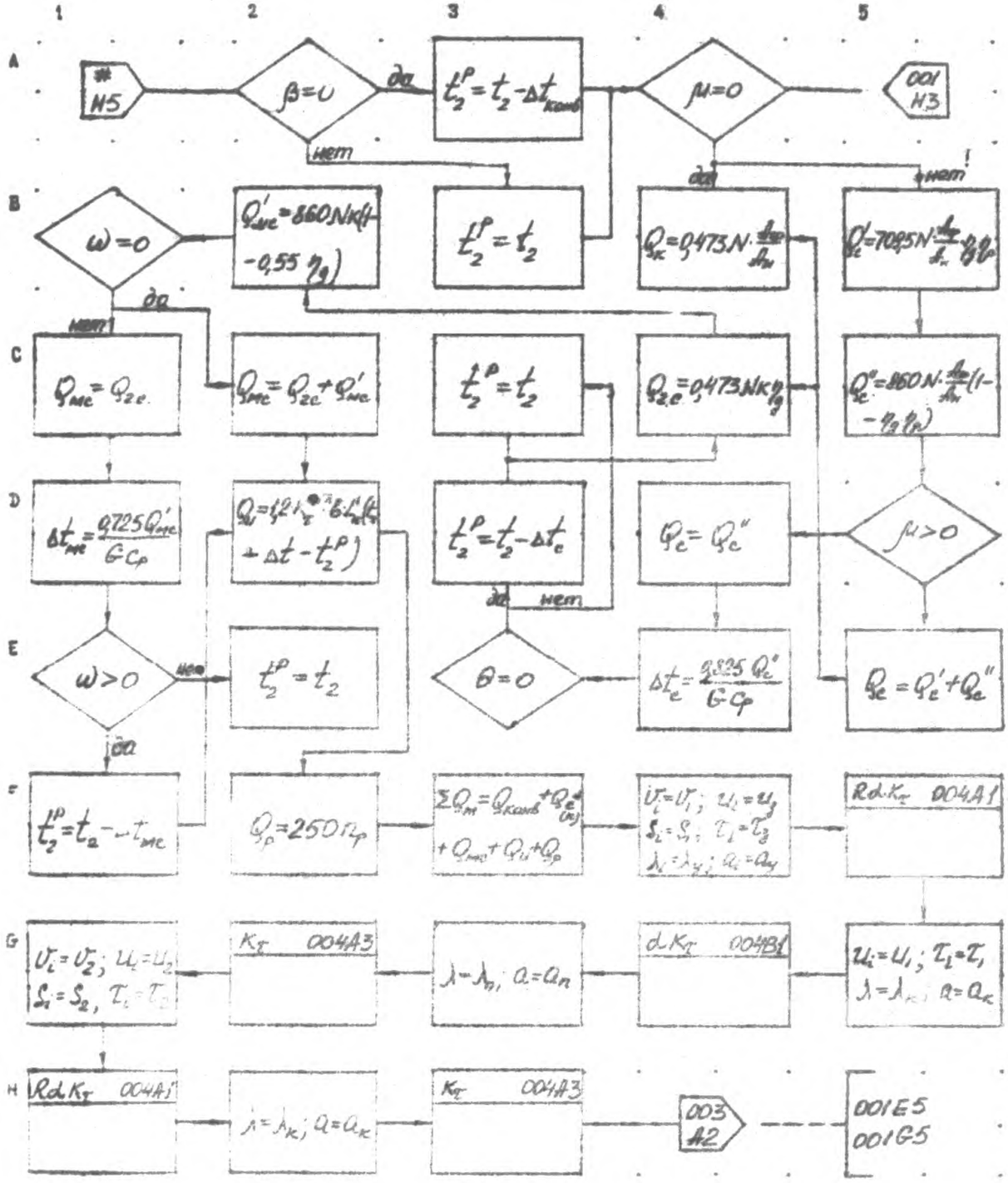
$$t_2 = N_2 + \sqrt{N_2^2 + Д_2\left[t_1^p + A_1\left(t_п + \frac{\sigma L \sin\psi}{2} - \frac{t_1^p}{2}\right) + \frac{L\sin\psi}{427 c_p} + \frac{\Sigma Q_м}{G c_p}\right] - \frac{m}{\ell} + \frac{d_1''}{\ell}\cdot\frac{\varphi_1'}{\varphi_2'}}$$

$$L = \frac{t_1^p + \frac{\Sigma Q_м}{G c_p} + \frac{\frac{d_1''}{\ell}\cdot\frac{\varphi_1'}{\varphi_2'} - 676 + 52 K_2 - \frac{m}{\ell}}{Д_2}}{\frac{K_\tau U}{G c_p}\left(\frac{26 + t_1^p}{2} - t_п^{ср}\right) + \frac{\sin\psi}{427 c_p}}$$

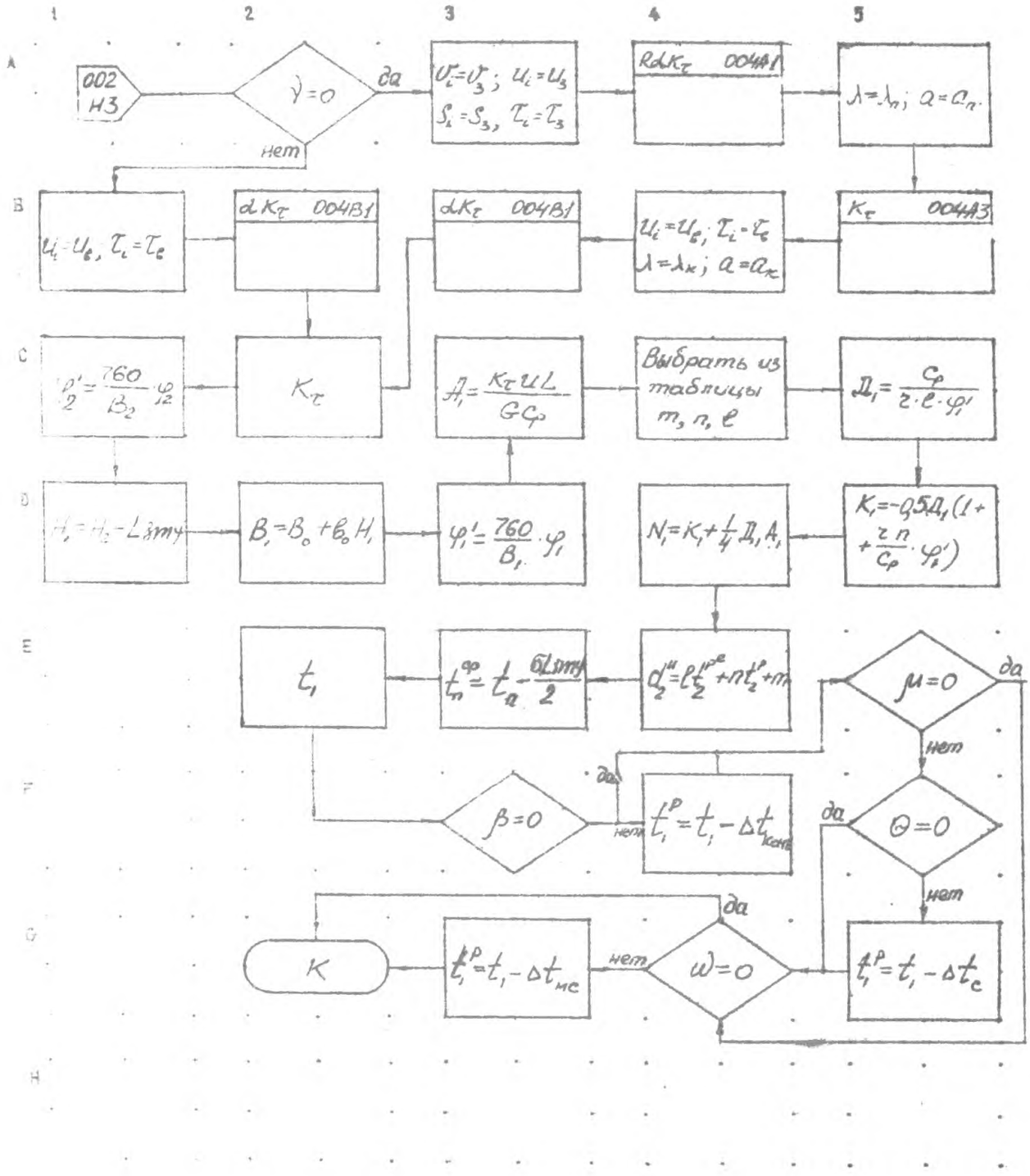
БЛОК - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои			
ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК	Донгипроцвет, МЭШИИ			
РАЗРАБОТАЛ	ДАТА	ПОДПИСЬ		ЛИСТ 004
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				



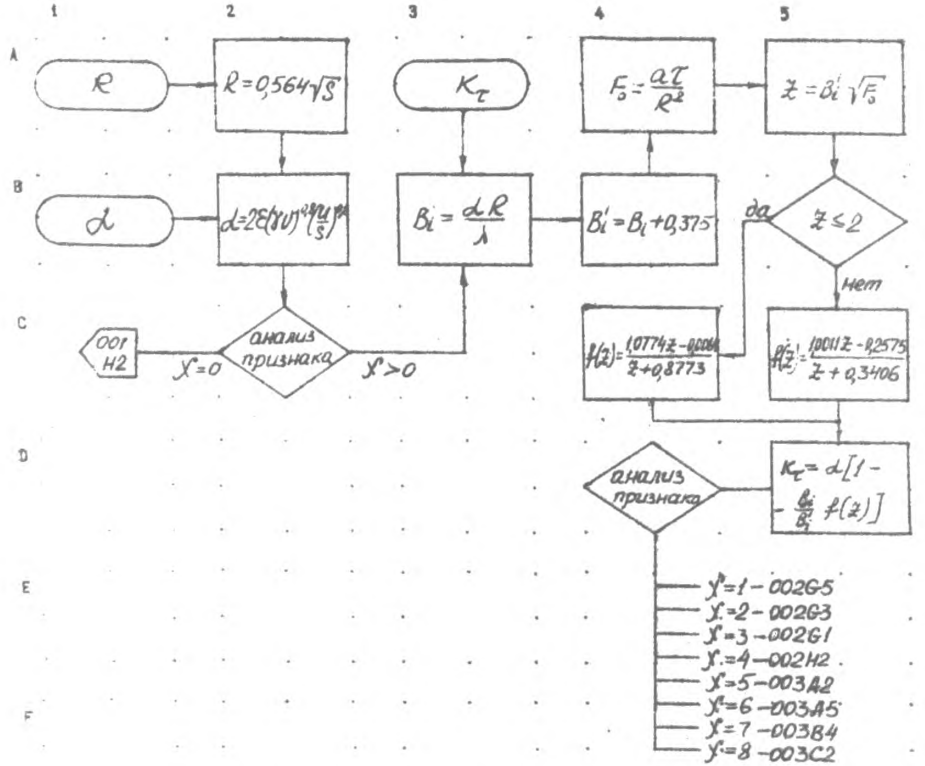
БЛОК - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Обратный тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои			
ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК	Донгипрошахт, МакНИИ			
РАЗРАБОТАЛ	ДАТА	ПОДПИСЬ		ЛИСТ 001
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				



БАОК - СХЕМА К ЗАДАНИЮ	Обратный тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои			
ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК	Донгипроуглеавтоматизация, МакНИИ			
РАЗРАБОТАЛ	ДАТА	ПОДПИСЬ		ЛИСТ 002
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				



БЛОК - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Обратный тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои
ОРГАНИЗАЦИЯ - -РАЗРАБОТЧИК	Донгипроуглеавтоматизация, МакНИИ
РАЗРАБОТАЛ	ДАТА / ПОДПИСЬ / ЛИСТ 003
ПРОВЕРИЛ	ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ	



$$K_\tau = K_{\tau_3}\cdot\frac{U_3}{U} + \left(K_{\tau_{n1}} + K_{\tau_{K1}}\right)\cdot\frac{U_1}{U} + \left(K_{\tau_{n2}} + K_{\tau_{K2}}\right)\cdot\frac{U_2}{U} + \left(K_{\tau_{n3}} + K_{\tau_{K3}}\right)\cdot\frac{U_3}{U} + K_{\tau_6}\cdot\frac{U_6}{U}$$

$$t_1' = N_1 + \sqrt{N_1^2 + D_1\left[t_2'' - A_1\left(t_n^{cp} - \frac{t_2''}{2}\right) - \frac{L\sin\psi}{427\,c_p} - \frac{\sum Q_m}{G\,c_p}\right]} - \frac{m}{e} + \frac{a_2''}{e}\cdot\frac{\varphi_2'}{\varphi_1'}$$

БАЗИ - СХЕМА К ЗАДАЧЕ	Обратный тепловой расчет лав при повышенных нагрузках на очистные забои			
ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК	Донгипроуглемаш, Макеевка			
РАЗРАБОТАЛ		ДАТА	ПОДПИСЬ	ЛИСТ 004
ПРОВЕРИЛ				ЛИСТОВ 4
Т. КОНТРОЛЬ				

gost.e-ecolog.ru