



Ш. И. ОНИАНИ, Т. Г. ПИРЦХАЛАВА, О. А. ЛАНЧАВА

## ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ НАЛИЧИИ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ШАХТЫ ИМ. ЛЕНИНА ТКВАРЧЕЛИ

Горные выработки, расположенные в районах восходящего движения термальных вод, характеризуются интенсивным водоизливом и значительной обводненностью. Проведенные нами наблюдения и расчеты показали, что при изливе горячих вод в выработки, в основном вследствие интенсивной тепло- и массоотдачи от вод к воздуху, приращение теплосодержания вентиляционной струи резко повышается и на протяжении 100—300 м (в зависимости от скорости воздушного потока) температура насыщенного водяными парами рудничного воздуха становится примерно равной температуре горячих вод. Поэтому без предварительного отвода или устранения притока горячих вод, в рассматриваемом случае, создание нормальных климатических условий в горных выработках практически невозможно.

Излив горячих вод из массива в горные выработки можно устранить цементацией стенок выработки, проведением на 4—5 м ниже основной, специальной водоотводящей выработки, сооружением водоотводящего канала в почве выработки или насосных установок, засасывающих горячие воды из специальных скважин или резервуаров и отводящих их по теплоизолированному или простому трубопроводу. При этом, водоотводящий канал может быть открытым или изолированным от вентиляционной струи простым или теплоизоляционным перекрытием.

При устранении излива горячих вод путем цементации стенок горячие воды продолжают омывать горные породы, расположенные вокруг выработки. Теплоотдача от нагретого горного массива к воздуху компенсируется притоком тепла от термальных вод и температура стенок выработки сохраняет свое первоначальное значение, примерно равное температуре горячих вод. Вследствие этого вокруг выработки не образуется охлажденная зона и температура поверхности стенок становится величиной постоянной, не зависящей от продолжительности и интенсивности проветривания.

На шахте им. Ленина Ткварчели горячие воды имеют многочисленные выходы в капитальные штольни. Вследствие этого отвод горячих вод с помощью насосных установок, по нашему мнению, является заведомо нецелесообразным. Во-первых, при таком способе водоотвода у каждого выхода горячих вод придется сооружать насосную установку, что, из-за многочисленности выходов, потребует значительных капитальных затрат; во-вторых, для нормальной работы насосов потребуются сравнительно большие эксплуатационные расходы и, в-третьих, большая часть потребляемой насосами энергии превратится в тепло и повысит теплосодержание вентиляционной струи, что будет способствовать ухудшению климатических условий выработки.



Необходимо отметить, что характер распределения температуры в горном массиве вокруг выработки при отводе вод насосами и каналом, имеющим простое перекрытие, будет примерно одинаковым. Некоторое расхождение тепловых воздействий горячих вод на горный массив может возникнуть вследствие того, что в первом случае уровень термальных вод является постоянным, а во втором случае он будет колебаться (из-за периодического включения и выключения насосов) около некоторого среднего значения, которое, в общем, не совпадает с уровнем воды в канале.

При наличии восходящих потоков горячих вод существующая методика теплового расчета горных выработок становится неприемлемой, т. к. она построена для горного массива, свободного от каких-либо источников и стоков тепла и влаги. Поэтому, в данном случае, без предварительного изучения температурного поля горного массива вокруг выработки, точнее без предварительного установления реальной картины распределения температуры вдоль поверхности теплоотдачи практически невозможно решение задачи прогноза и регулирования теплового режима горных выработок. Кроме этого, исследование теплового поля вокруг выработки, обусловленного нестационарными процессами тепло — и массообмена между термальными водами\* горными породами и вентиляционной струей, необходимо- и для сравнительной оценки приведенных выше способов- водоотвода с точки зрения улучшения климатических ус-ловий выработки.

Исходя из сказанного, нами методом математического моделирования на интеграторе ЭИМП—3/66 [1], изучено распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки при разной продолжительности проветривания (1, 5, 10, 25 и 50 лет) и разным способом водоотвода. На рисунках 1, 2, 3, 4, 5 и 6 приведены сечения выработки и водоотделяющих сооружений с указанием направления съема информации на электрической модели и даны кривые распределения относительной температуры по этим направлениям.

Электрическая модель представляет собой плоский конденсатор и состоит из трех слоев. В качестве верхнего слоя - модели природы, нами применена сравнительно однородная электропроводная бумага с удельным электрическим сопротивлением 1,25 Мом на квадрат. Нижний слой — модель начальных условий, представлен низкоомной электропроводной бумагой с удельным сопротивлением 1500 ом, а диэлектрик — полиэтилентерефталатной пленкой толщиной 15 мкм. Масштабы моделирования имели следующие значения:

$$N_R = 3,5714 \cdot 10^{-5}; \quad N_C = 8,6251 \cdot 10^{10}; \quad N_h = 100,962;$$

и

$$N_r = 3,1536 \cdot 10^{10}.$$

На рис. 1 и 2 приведены кривые распределения относительной температуры в горном массиве при минимальной и максимальной продолжительности

проветривания и отводе термальных вод специальной выработкой, заложенной на расстоянии четырех метров под основной.

Температура  $t$  по кривым распределения относительной температуры определяется из выражения

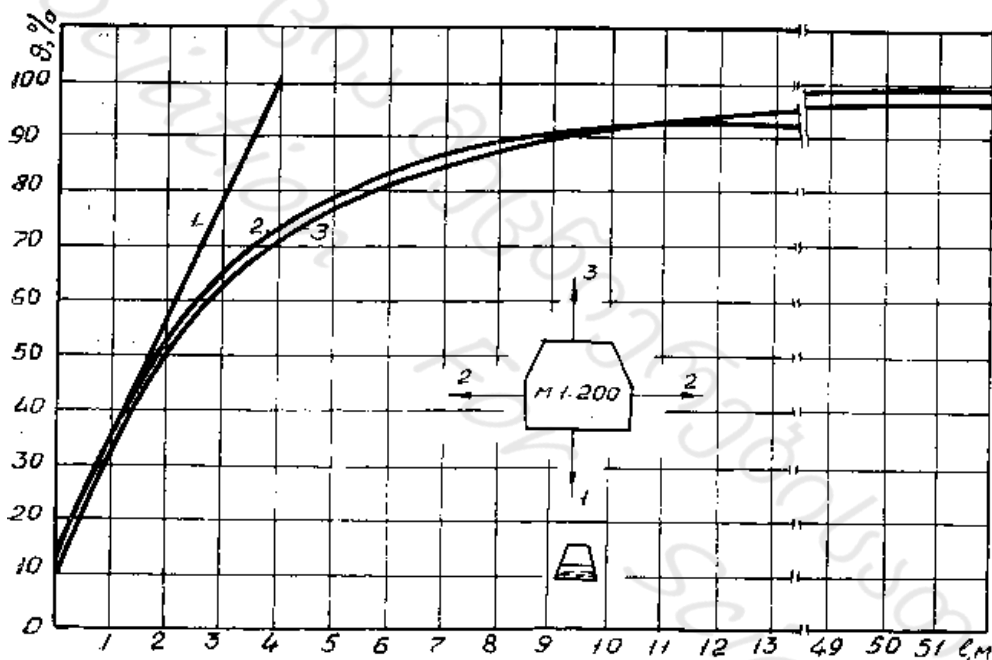
$$\vartheta = \frac{t - t_0}{t_{\max} - t_0},$$

где  $t$  - искомая температура;

$t_0 = 19^\circ\text{C}$  - температура вентиляционной струи;

$t_{\max} = 42^\circ\text{C}$  - температура горячих вод.

На рисунках цифрами 1, 2 и т. д. обозначены направления съема информации с модели о состоянии потенциального поля вокруг выработки и соответствующие им кривые изменения относительной температуры горного массива, начиная от



поверхности обнажения в выработке до распространения температурных возмущений в массиве.

Рис. 1. Распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки через год после начала проветривания при отводе термальных вод специальной выработкой.

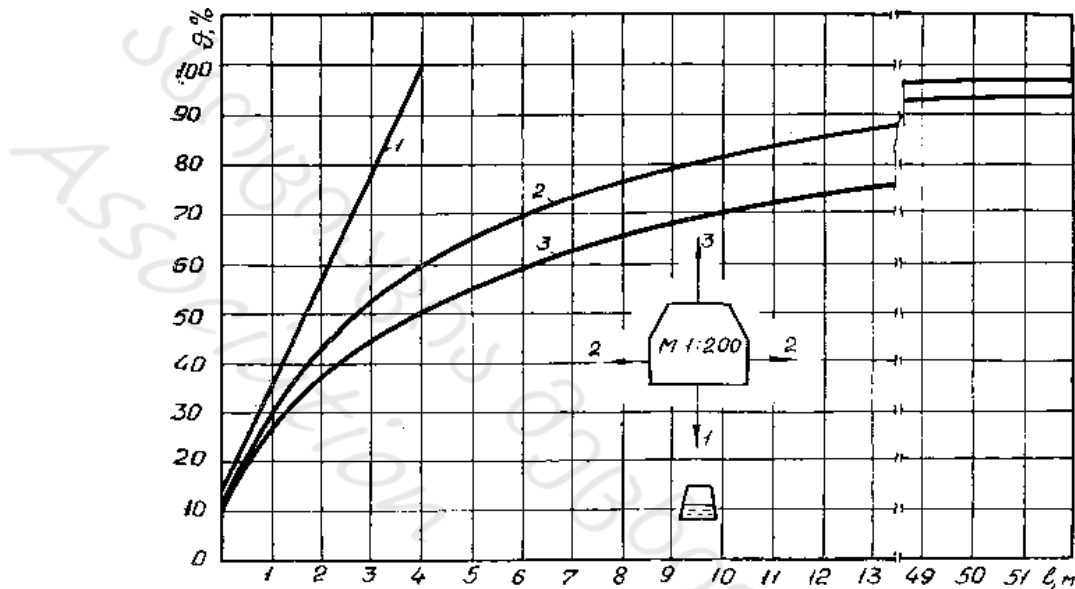


Рис. 2. Распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки через 50 лет после начала интенсивного проветривания при отводе термальных вод специальной выработкой.

Из приведенных графиков следует, что при отводе термальных вод специальной водоотводящей выработкой, заложенной под основной на расстоянии 4 м от почвы, в результате интенсивной теплоотдачи к вентиляционной струе вокруг последней по периметру образуется охлажденная зона. Мощность ее с увеличением продолжительности проветривания повышается и спустя 50 лет от начала

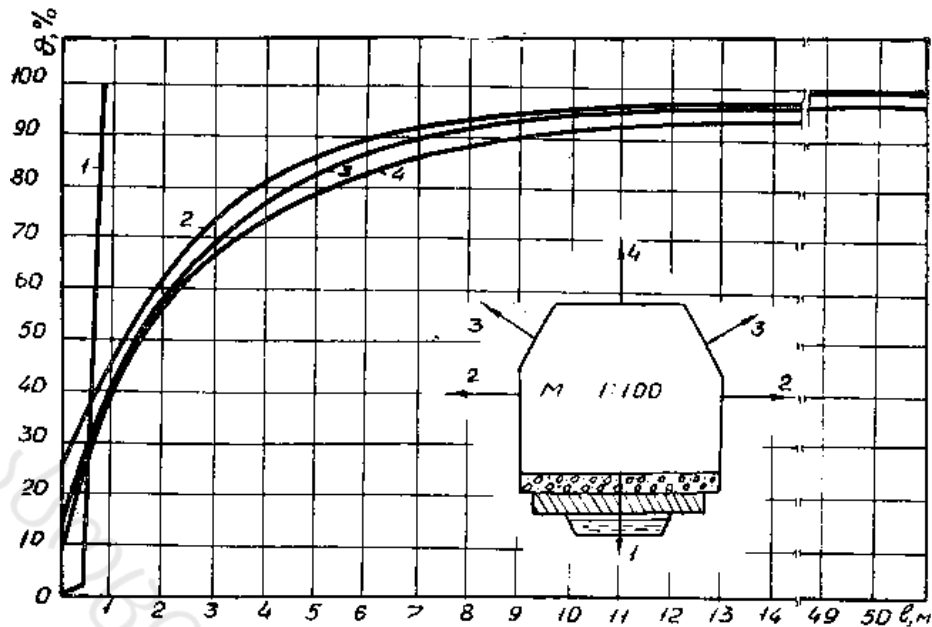


Рис. 3. Распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки через год после начала интенсивного проветривания при отводе термальных вод каналом, имеющим теплогидроизоляционное перекрытие.

эксплуатации превышает 50 м. Температурное поле в почве выработки стабилизируется в течение нескольких месяцев. При этом средневзвешенная относительная температура поверхности стенок выработки составляет не более 11,2%. Охлажденная зона имеет минимальную толщину в почве выработки. С удалением от нее по периметру мощность зоны охлаждения увеличивается и достигает максимальной величины в кровле выработки. Распределение температуры вдоль поверхности стенок по периметру выработки характеризуется значительной неравномерностью.

Если отвод горячих вод производится водоотводящим каналом, имеющим теплоизоляционное перекрытие, то поверхность почвы быстро принимает и сохраняет почти нулевую относительную температуру (рис. 3 и 4), а по остальному периметру, аналогично предыдущему, образуется зона охлаждения, препятствующая переносу тепла от нагретого водами горного массива к воздуху. Изоляционное перекрытие канала вызывает отклонение теплового потока от вертикального направления и повышение его плотности у боковых стенок выработки. Из-за этого существенно изменяется характер распределения температуры по периметру — минимальная температура наблюдается на почве (линия I), максимальная — на поверхности боковых стенок у почвы; с увеличением высоты от почвы температура

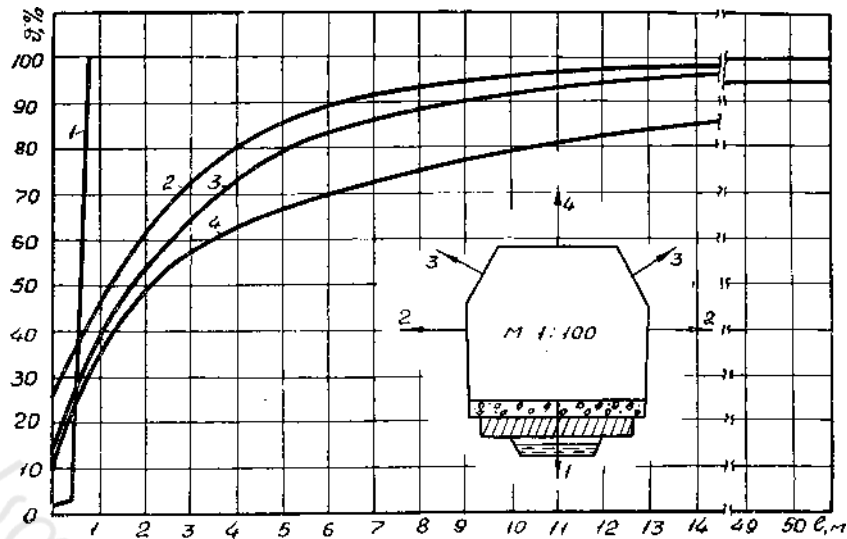


Рис. 4. Распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки через 50 лет после начала интенсивного проветривания при отводе термальных вод каналом, имеющим теплогидроизоляционное перекрытие.

стенки понижается и минимальной величины достигает в кровле выработки. Средневзвешенная относительная температура всей теплоотдающей поверхности по сравнению с предыдущим случаем повышается и достигает 14,4%. Первый участок ломанной линии I представляет распределение температуры в несущей (железобетонной) части, а второй — в теплоизоляционной части перекрытия. Характерной особенностью данного способа водоотвода является значительная неравномерность распределения температуры по периметру выработки.

При отводе горячих вод по каналу с обычным железобетонным перекрытием без теплоизоляции (рис. 5 и 6), относительная температура почвы сохраняет высокое значение (35%, прямые I); по остальному периметру температура стенок практически одинаковая. Средневзвешенная относительная температура поверхности стенок выработки достигает 19%. В том случае, когда водоотводящий канал сооружается без перекрытия картина распределения температуры вокруг выработки аналогична рассмотренной; изменяется лишь интенсивность теплоотдачи от почвы за счет непосредственного контакта воздушного потока с поверхностью воды в канале и возникновения массоотдачи от горячих вод к рудничному воздуху.

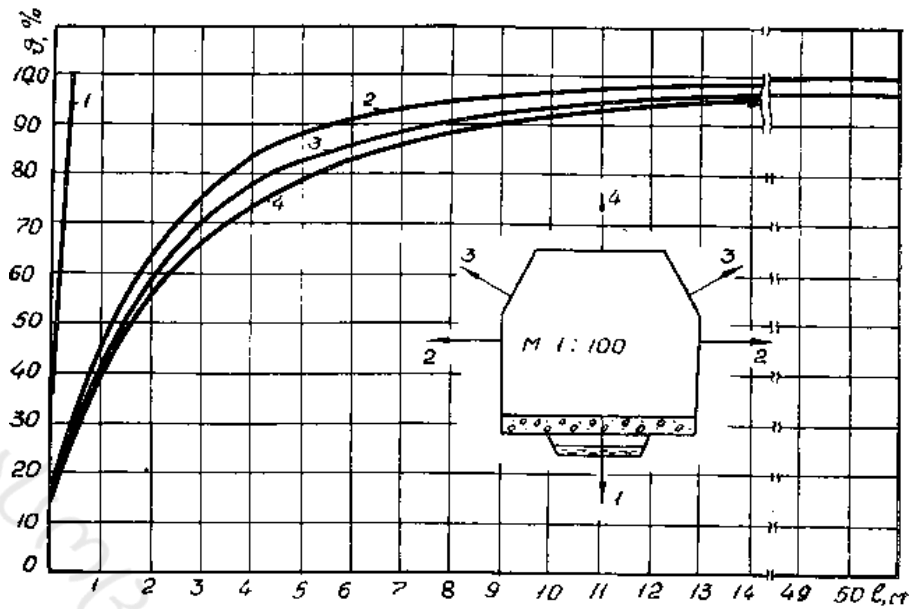


Рис. 5. Распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки через год после начала интенсивного проветривания при отводе термальных вод каналом с простым перекрытием.

Необходимо отметить, что во всех рассмотренных случаях распределение температуры по периметру выработки стабилизируется быстро, в течение нескольких месяцев. Время стабилизации минимально на поверхности обнажения в почве, с удалением от него увеличивается и в кровле выработки достигает максимального значения. Распределение температуры в горном массиве под выработкой стабилизируется почти сразу. С удалением от источника тепла, т. е. от потока горячих вод, скорость изменения распределения температуры растет и наибольшего значения достигает в массиве над выработкой. Таким образом, температура поверхности теплоотдачи выработки в данном случае является величиной постоянной, не зависящей от продолжительности и интенсивности проветривания. Причиной такой неожиданной картины распределения температуры по периметру выработки является приток тепла от горячих вод, полностью компенсирующий отвод тепла вентиляционной струей. Прогноз теплового режима горных выработок с восходящими потоками горячих вод следует выполнить с учетом этого важнейшего положения.



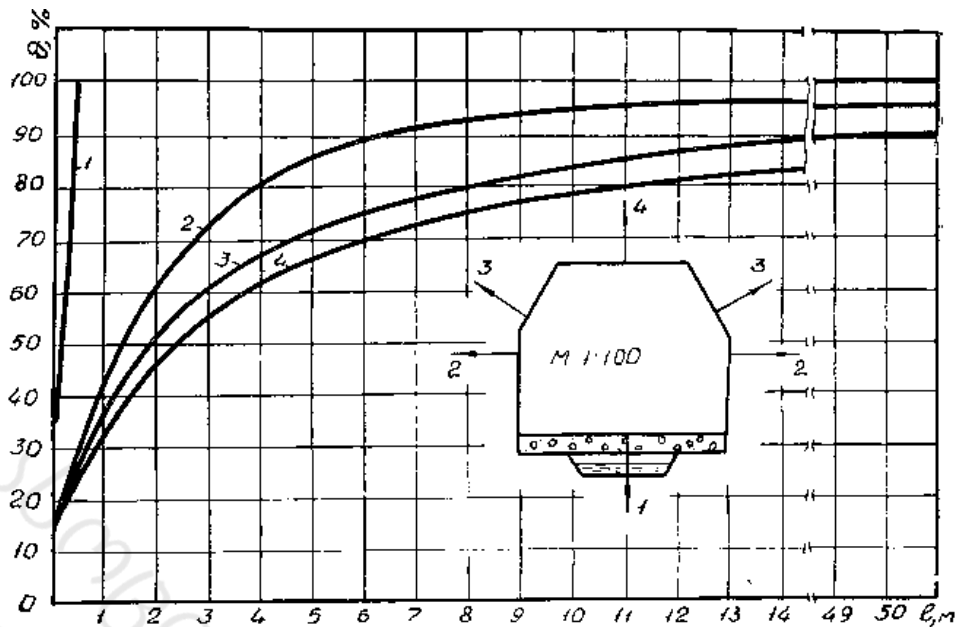


Рис. 6. Распределение относительной температуры в горном массиве вокруг выработки через 25 лет после вачала интенсивного проветривания при отводе термальных вод каналом с простым перекрытием.

Результаты тепловых расчетов, проведенных для сравнительной оценки рассмотренных способов водоотвода, представлены на рис. 7, где точками обозначены ожидаемые температуры в начале и конце расчетных участков. В результате тепло — и массоотдачи от термальных вод и нагретых горных пород к рудничному воздуху при отсутствии других источников тепла, постоянной относительной влажности, начальной температуры воздуха  $19^{\circ}\text{C}$  и скорости движения  $5\text{ м/сек}$ , приращение температуры вентиляционной струи в зависимости от принятого способа водоотвода существенно изменяется и характер зависимости температуры рудничного воздуха от длины выработки принимает вид кривых, представленных на рис. 7.

Анализ полученных результатов показывает, что наилучшие тепловые атмосферные условия следует ожидать при устранении излива горячих вод путем сооружения специальной водоотводящей выработки под основной. При этом, приращение температуры на  $500\text{ м}$  участке не превышает  $3,6$  градусов, а температура рудничного воздуха в конце выработки составляет всего лишь  $22,6^{\circ}\text{C}$ .



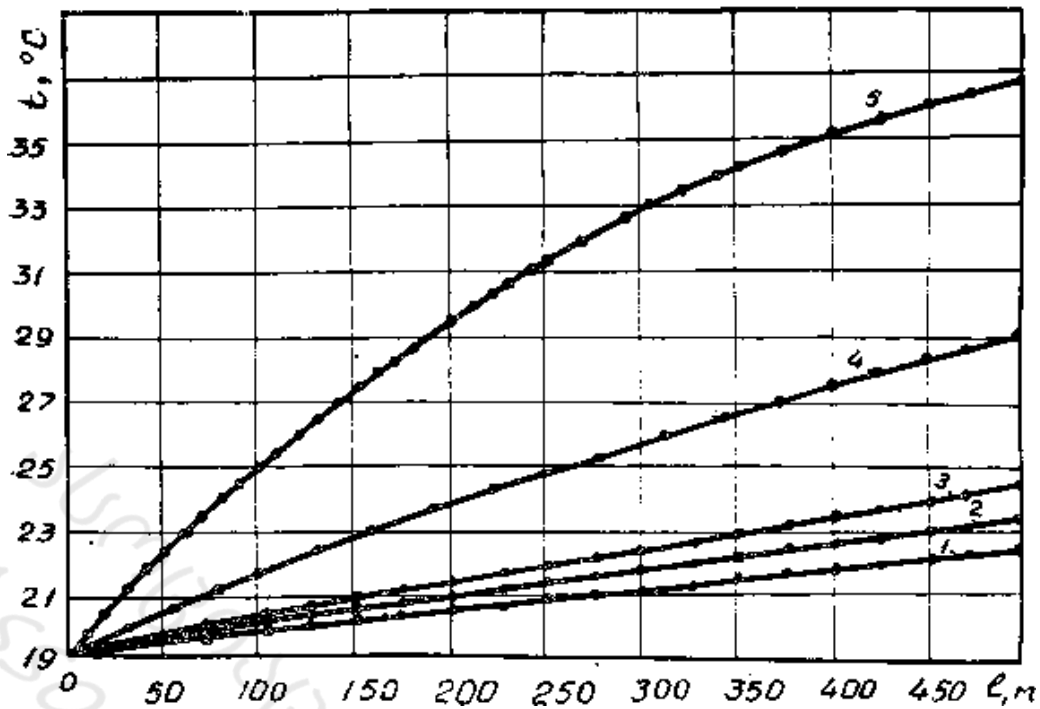


Рис. 7. Кривые изменения температуры рудничного воздуха в выработке при отводе горячих вод: 1—специальной выработкой; 2—каналом с теплогидроизоляционным перекрытием; 3—каналом с простым перекрытием; 4—открытым каналом; 5—цементацией стенок выработки.

Остальные мероприятия по улучшению климатических условий выработок, подверженных воздействию термальных вод с учетом их эффективности, располагаются в следующем порядке: водоотвод каналом с теплогидроизоляционным перекрытием (кривая 2), отвод вод каналом с простым перекрытием (кривая 3), отвод вод открытым каналом (кривая 4) и устранение водопритока путем цементации стенок выработки (кривая 5). В последнем случае температура вентиляционной струи в конце выработки достигает 37°C.

При первых трех способах водоотвода (кривые 1, 2, 3) температура рудничного воздуха в конце выработки не выходит из допустимых пределов. В случае водоотвода открытым каналом, на расстоянии 310 м от начала выработки, температура воздушного потока становится равной максимально допустимой величине— 26°C. Для создания нормальных климатических условий в этом месте необходима установка воздухоохладителя с полезной холодопроизводительностью 760 000 ккал/час. Особенно тяжелые тепловые атмосферные условия создаются при устранении водопритока цементацией стенок выработки. На расстоянии 110 м от начала выработки температура воздуха достигает предельной величины. Для нормализации климатических условий необходима установки не менее двух воздухоохладителей с общей полезной холодопроизводительностью 4 700 000 ккал/час. Таким образом, два последних способа борьбы с изливом горячих вод в горные выработки не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к мероприятиям



по улучшению климатических условий и поэтому они не могут быть рекомендованы для практического применения.

Учитывая затраты и трудности, связанные с проведением специальной водоотводящей выработки, наиболее целесообразным мероприятием по улучшению климатических условий в выработках при наличии восходящих потоков термальных вод следует считать отвод горячих вод каналом, имеющим теплогидроизоляционное перекрытие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1 А. Г. Тарапон. Моделирование нестационарных полей на интеграторах ЭИМП. ИМ АН УССР, Киев, 1970.

6. Горная элекромеханика\*

Association  
For  
Science