Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LV, вып. 1, 1968 г.

УДК 622.822

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВОЙ ДЕПРЕССИИ ПОЖАРА НА ПАРАМЕТРЫ ВЕНТИЛЯЦИИ

Ю. В. Григорьев

Увеличившийся в последние годы поток информации о влиянии тепловых явлений на движение воздуха в шахте во время пожара в основном носит теоретический характер. Экспериментальные исследования встречаются редко. В исследовании явлений, связанных с проявлением тепловой депрессии, не получила должного освещения зависимость между тепловой депрессией и количеством проходящего воздуха, температурой в очаге пожара и местом возникновения пожара.

Наше экспериментальное изучение влияния величины тепловой депрессии пожара на состояние проветривания, возрастания тепловой депрессии h с течением времени, а также влияния на величину тепловой депрессии количества и скорости проходящего воздуха проводилось на специальной модели, сконструированной в лаборатории рудничной вентиляции и охраны труда Ленинградского горного института.

Модель (рис. 1) изготовлена из железных труб диаметром 48 *мм* и состоит из воздухоподающего *AB* и вентиляционного *KH* стволов, высотой 15 *м*. Нижняя часть стволов соединена горизонтальной выработкой *BCDEF*, средняя часть которой разветвляется на две параллельные ветви, соединенные диагональной выработкой. Горизонтальная часть модели соединена с вентиляционным и воздухоподающим стволами специальным устройством, позволяющим изменять угол наклона соединительной части модели и одновременно изменять положение вентиляционного ствола.

Для имитации пожара смонтированы три нагревательные печи: одна в нижней части вентиляционного ствола *I*, вторая в одной из параллельных ветвей соединительной части модели *II* и третья в нижней части воздухоподающего ствола *III*. Каждая печь (мощностью по 2,7 *квт*) допускала повышение температуры в месте имитируемого очага пожара свыше 1000° С. Для измерения температуры нагретого воздушного потока внутри модели по всей ее длине просверлены отверстия, в которые вставлены термопары и насадки термоанемометра.

Количество воздуха, поступающее к «очагу пожара», регулировали семью шиберами (*1—7*), расположенными в горизонтальной части модели, и замеряли входным коллектором (диаметром 1,8 *см*), выполненным по лемнискате и установленным в начале воздухоподающего ствола.

Конструкция экспериментальной установки обеспечивала необходимую по условиям опыта возможность изменения скорости и количества воздуха, поступающего к очагу пожара, аэродинамического сопротивления выработок, температуры теплового воздушного потока. Масштаб модели 1 : 10.

Температура нагретого воздушного потока внутри модели измерялась термопарами типа хромель-копель длиной каждая 100 *мм*. Во избежание отвода тепла по проволокам, каждая термопара, помимо фарфоровых изоляторов, помещалась в стеклянную трубку диаметром 20 *мм* и длиной 750 *мм*. Свободные концы термопар подсоединялись к щитовому щеточному переключателю типа ПМТ, представляющему собой поворотное переключающее устройство, позволяющее поочередно подключать к контрольному прибору

12 термопар. Контрольным измерительным прибором был электронный автоматический потенциометр типа ЭПП-09-М2.

Скоростное разрежение в суженной части входного коллектора измеряли микроманометром типа ЦАГИ. Скорость и температуру (в данной точке) нагретого воздушного потока, опрокидывание воздушной струи измеряли электротермоанемометром типа ЭТАМ-3А системы ВЭИ.

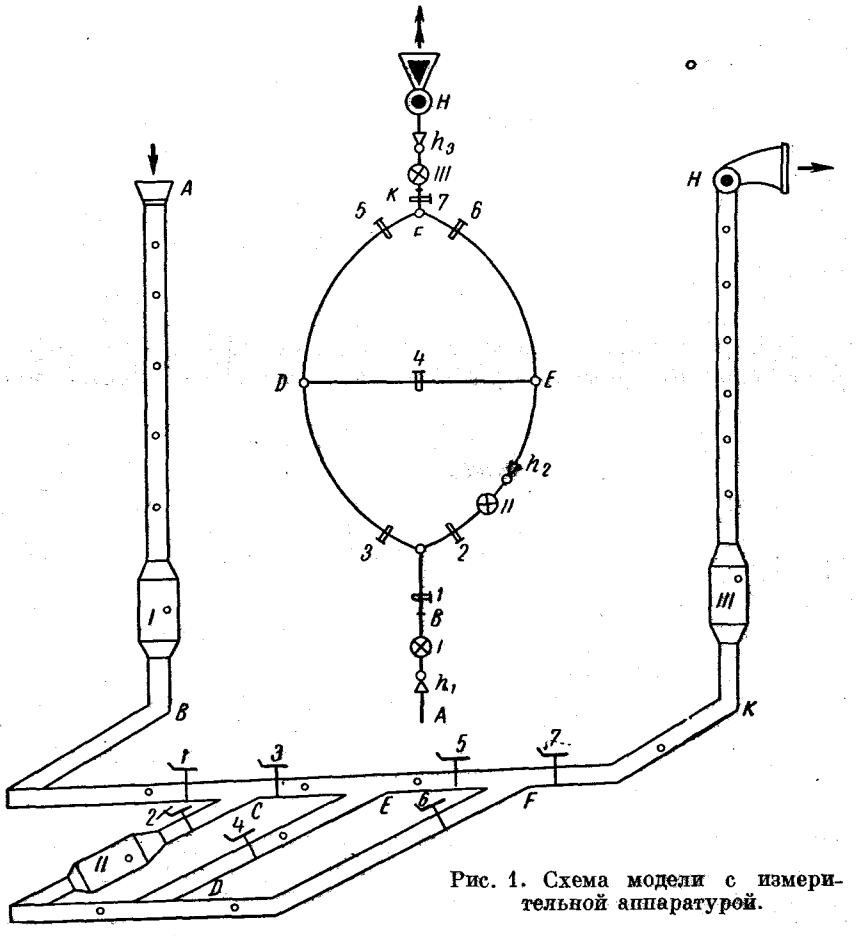


Рис. 1. Схема модели с измерительной аппаратурой.

Время окончания опыта определяли чувствительные датчики от электротермометров сопротивления типа АМ-2М, прикрепленные к наружной части трубы в трех местах модели. Изменение температуры снаружи модели свидетельствовало о начале теплообмена с наружным воздухом, т. е. модель переставала работать как массив и опыт прекращался.

Опыты проводили в следующей последовательности.

1. Определяли сопротивление модели при скорости движения воздуха от 0,5 до 6,0 *м/сек* и различных положениях шиберов до и после включения нагревательной печи в горизонтальной части модели (печь *II*). Замеры температуры нагретого воздушного потока по показаниям термопар записывали на ленте электронного автоматического потенциометра. Замеры температур и скорости контролировались также насадками измерительного моста, ими же определялось направление потока при опрокидывании струи воздуха.

2. Определяли тепловую депрессию при включении нагревательных печей (100—1000° С) и влияние тепловой депрессии на состояние проветривания при различных скоростях движения воздуха (0,5—6,0 *м/сек*).

3. Изменяя угол наклона соединительной части модели (15 и 30°), повторяли предыдущие замеры.

4. Изучали влияние возведения основной перемычки перед очагом пожара на распространение теплового потока по выработкам (закрытие шиберов *1*, *3* перед включенной нагревательной печью *II*).

Распределение температуры по длине модели и влияние высокой температуры воздушного потока при различных скоростях движения воздуха исследовали при изменении удельного веса воздуха от 1,228 (t = 16,0° С) до 0,270 *кг/м*³ (t = 1028,5° С).

При возрастании температуры в нагревательной печи, имитирующей очаг пожара, коэффициент аэродинамического сопротивления модели увеличивается (рис. 2, *а*). При одновременном увеличении температуры и скорости движения воздуха в модели отмечена следующая закономерность:

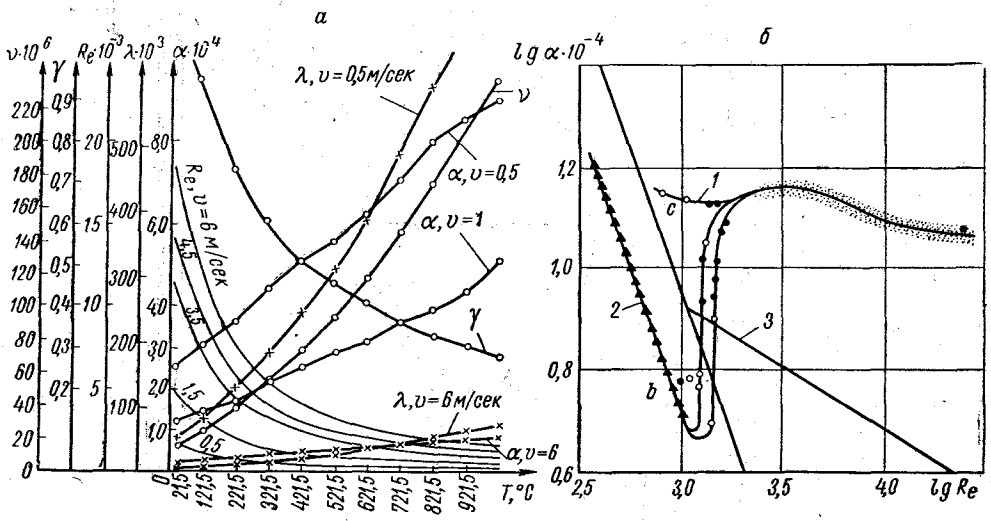


Рис. 2. Зависимость коэффициента сопротивления от: *а* — изменения аэродинамических параметров; *б* — числа Рейнольдса.

1 — по Пуазейлю; *2* — по Блазиусу; *3* — по Мустелю (треугольниками показаны точки наших экспериментальных данных).

при повышении температуры до 800° С на число Рейнольдса существенно влияет скорость движения воздушного потока v, а при повышении температуры свыше 800° С — коэффициент кинематической вязкости ν.

Таким образом, коэффициент аэродинамического сопротивления α модели с повышением температуры увеличивается, а с увеличением скорости при той же температуре уменьшается. Это объясняется тем, что для нашей модели числа Рейнольдса не превосходят $8 \cdot 10^3$ и при температурах выше 100° С изменение α от числа Рейнольдса происходит по кривой *2* [Мустель, 1959] в области ламинарного режима (рис. 2, *б*).

Распространение так называемой тепловой пробки по длине модели в зависимости от скорости движения воздуха исследовалось по горизонтальной части модели от печи *II* до вентиляционного ствола. Как видно из графиков рис. 3, с увеличением скорости движения нагретого воздушного потока уменьшается охладительный эффект стенок трубы модели, т. е. тепловая пробка как бы перемещается по длине модели. Перепад температур по длине горизонтальной части модели при скорости 0,46 *м/сек* составил 920—65° С, а при 4,4 *м/сек* соответственно 632,5—180° С (рис. 3, *а*). Сокращение подачи количества воздуха к очагу пожара со стороны поступающей струи и, соответственно, снижение скорости движения воздуха задерживают перемещение тепловой пробки. При этом температура воздуха на участках, расположенных ближе к очагу пожара, возрастает, а в конце горизонтальной части мало отличается от первоначальной (до включения печи *II*). В случае снижения подачи воздуха к очагу пожара возведением перемычки со стороны исхо-

дящей струи (закрывание шибера 7), тепловая пробка не укорачивается — распространение ее ограничивается самой перемычкой, а температура возрастает на всем участке от очага пожара до перемычки. Таким образом, более выгодное распределение температуры на участке от очага пожара будет в том случае, когда ограничивается подача воздуха со стороны поступающей струи (возведение основной перемычки), нежели со стороны исходящей.

На перемещение тепловой пробки по длине существенную роль оказывает и угол наклона соединительной части модели. Так, увеличение

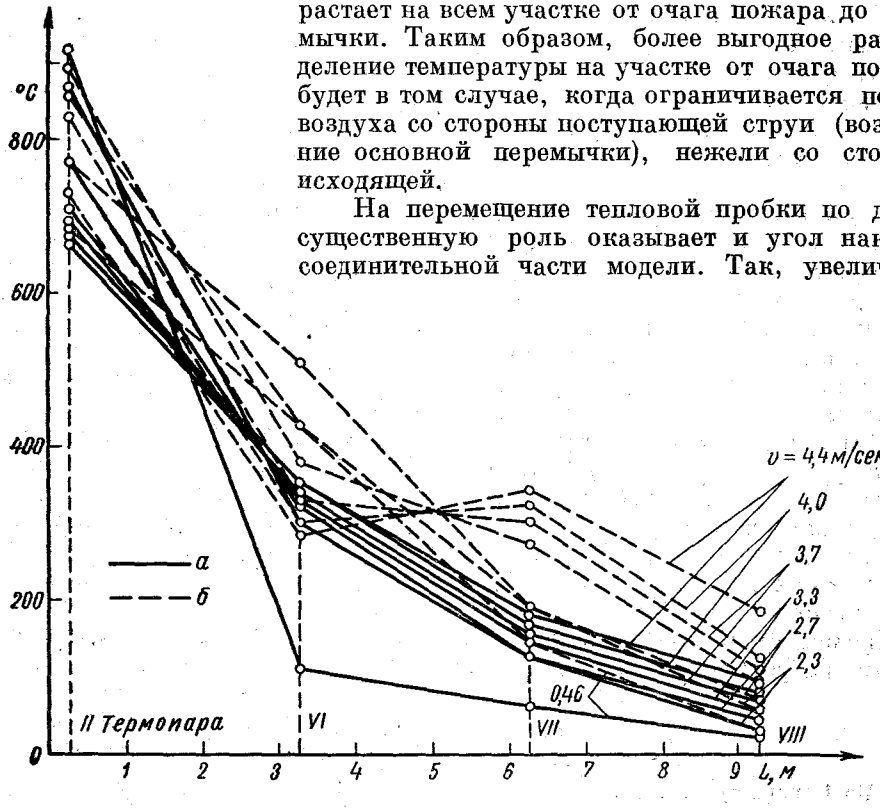


Рис. 3. Влияние скорости движения воздуха на изменение температуры по длине модели при горизонтальном расположении.

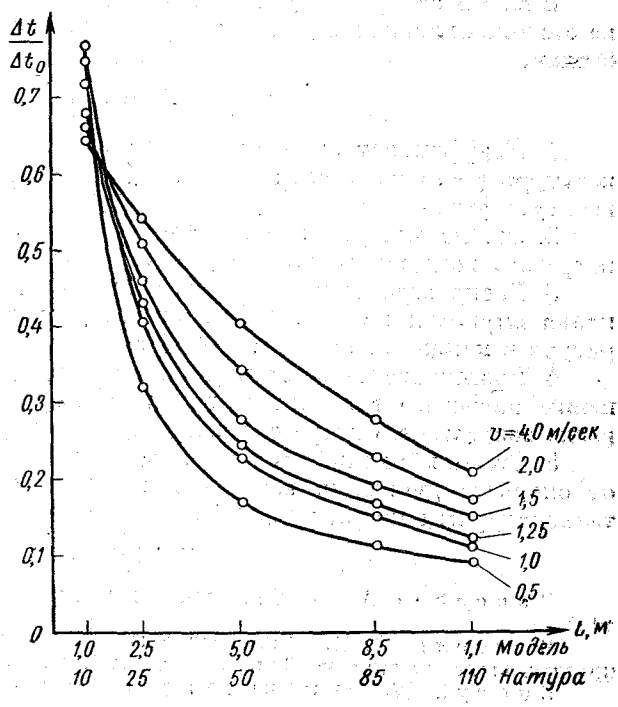


Рис. 4. Температурные кривые степени охлаждения нагретого воздушного потока от скорости движения (Δt — температура в выработке; Δt_0 — температура в нагревательной печи, равна 1200° С).

L — расстояние от очага пожара.

этого угла до 30° приводит к увеличению температуры в конце наклонной части модели с 65 до 175° С при $v = 0{,}46$ *м/сек* и с 180 до 340° С при $v = 4{,}4$ *м/сек* (рис. 3, *б*, термопара *VII*).

Таким образом, с увеличением угла наклона значительно увеличивается температура в конце наклонной выработки.

Распределение температуры по выработкам, начиная от очага пожара, имеет важное практическое значение при ликвидации пожара, когда горноспасатели находятся в выработках с исходящей струей. Расчетные данные по распределению температуры по длине выработок L в зависимости от скорости движения воздуха [Воропаев, 1950; Budryk, 1956] противоречивы. При $v = 0{,}4$ *м/сек* расстояние, на котором температура воздуха в выработке будет увеличиваться на 1° С, по данным В. Будрика, например, равно 85 *м*, а по данным А. Ф. Воропаева — 150 *м*. Такое расхождение температуры по длине выработок в зависимости от скорости движения воздуха затрудняет подсчет величины тепловой депрессии и не позволяет горноспасателям правильно определять расстояния от очага пожара, на которых возможно вести работы по ликвидации пожара.

Наши температурные кривые, полученные экспериментальным путем, при v, равных 0,5; 1,0 и 1,25 *м/сек* (рис. 4) более вогнуты, чем расчетные, полученные для тех же скоростей А. Ф. Воропаевым. По нашим данным в 1 *м* от нагревательной печи *III* температура уже снижается с увеличением скорости движения воздуха. Например, при $v = 0{,}5$ *м/сек*, $t = 900°$ С, а при $v = 4{,}0$ *м/сек*, $t = 750°$ С. Температурные же кривые А. Ф. Воропаева выходят из одной точки.

Сравнение расчетных и экспериментальных данных по степени охлаждения нагретого воздушного потока показывает следующее, °С:

	$v = 0{,}5$ *м/сек*, $L = 85$ *м*	$v = 1$ *м/сек* $L = 100$ *м*
По Воропаеву	300	37
По Будрику	100	80
По нашим замерам	144	150

В наших замерах не учтены пожарные газы, которые, безусловно, влияют на степень охлаждения нагретого воздушного потока при движении по выработкам.

Выводы

1. Коэффициент аэродинамического сопротивления с повышением температуры увеличивается, а с увеличением скорости при одной и той же температуре уменьшается.
2. Охладительный эффект стенок выработок с увеличением скорости нагретого воздушного потока уменьшается.
3. Распространение нагретого воздушного потока зависит от угла наклона выработки: с увеличением этого угла значительно возрастает температура в конце наклонной выработки.
4. Возведение перемычки на поступающей струе задерживает перемещение нагретого воздушного потока. Температура вблизи «очага пожара» резко возрастает, быстро снижаясь по мере отдаления от него.
5. Степень охлаждения теплового воздушного потока в зависимости от скорости движения воздуха можно определить по экспериментальным температурным кривым (рис. 4).

ЛИТЕРАТУРА

Воропаев А. Ф. Тепловая депрессия шахтной вентиляции. Изд. АН СССР, 1950.

Мустель П. И. Определение коэффициентов вентиляционного сопротивления круглых шахтных стволов. Зап. ЛГИ, т. XXXVIII, вып. I, 1959.

Budryk W. Pozary podziemne. Katowice, 1956.