

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЙ В ШАХТЕ «ТРУДОВСКАЯ» И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

*Проведен анализ состояния тепловых условий в горных выработках шахты и разработаны меры по снижению температуры воздуха.*

*АНАЛИЗ, СОСТОЯНИЕ, ТЕПЛОВЫЕ УСЛОВИЯ, МЕРОПРИЯТИЯ, СНИЖЕНИЕ, ТЕМПЕРАТУРА, ВЛАЖНОСТЬ, РАСХОД, ВОЗДУХ, ШАХТА, ВЫРАБОТКИ.*

С углублением горных работ повышается температура воздуха в глубоких угольных шахтах, что наносит вред здоровью горняков.

Температура воздуха на постоянных рабочих местах в подземных выработках регламентирована Государственными санитарными правилами и нормами [1] и Правилами безопасности [2]. В соответствии с требованиями действующих Правил безопасности [2] температура воздуха в выработках с постоянным нахождением горняков не должна превышать 26<sup>0</sup>С. В зависимости от величины средней скорости движения воздуха и его относительной влажности верхние и нижние значения температур воздуха приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Верхние и нижние допустимые температуры воздуха на постоянных рабочих местах в зависимости от скорости движения воздуха и его относительной влажности

Скорость движения воздуха, м/с	Допустимая температура воздуха ( <sup>0</sup> С) и скорости воздуха (м/с) при относительной влажности (%)	
	до 75	75-95
до 0,25	17-26	16-25
0,25-0,5	18-26	17-25
0,51-1,0	20-26	19-25
1,01-2,0	21-26	21-25

В таблице 2 приведены результаты измерений тепловлажностных параметров и расходов воздуха по маршруту от устья воздухоподающего ствола через 26 западную лаву пласта m<sub>3</sub> до устья вентиляционного ствола шахты «Трудовская».

Как видно из приведенных в таблице 2 данных температура воздуха на воздухоподающем штреке, в 26 западной лаве пласта m<sub>3</sub> и в дальнейшем по выработкам с исходящей струей воздуха превышает допустимые нормативными документами [1] значения при относительной влажности более 75% .

При дальнейшей доработке запасов длина и глубина расположения горных выработок будут увеличиваться и, следовательно, будет возрастать температура воздуха.

В соответствии с действующими Правилами безопасности [2] для каждой угольной шахты с глубиной разработки 600 м и более должен быть составлен комплекс мероприятий по борьбе с высокими температурами воздуха, на основе которого должен разрабатываться проекты по нормализации тепловых условий труда.

Для разработки и обоснования мероприятий по снижению температуры воздуха на рабочих местах горных выработках глубокой шахты «Трудовская» предлагается использовать следующие горнотехнические мероприятия: увеличение расхода воздуха на выемочном участке, повторное использование нижнего штрека отработанного участка в качестве воздухоподающего для смежного участка, нисходящее проветривание лавы и расположение конвейерного транспорта в выработках с исходящим потоком воздуха.

Таблица 2 – Исходные данные и результаты расчета тепловыделений в действующих горных выработках шахты «Грудовская» при фактических расходах воздуха по маршруту через 26 западную лаву пласта m<sub>3</sub>

Наименование выработки	Номер ветви	Номер вент. узлов		Расход воздуха Q, м <sup>3</sup> /с	Температура воздуха t0C		Сечение выработки S м <sup>2</sup>	Длина выработки L, м	Тепловыделение ΔQti, Вт	Относительная влажность воздуха, φ%
		нач. узла	кон. узла		tн, °C	tк, °C				
Клетевой ствол	1-2	168	21	127,62	28	25,5	33,2	504	-384774	70
Грузовая ветвь околоствольго двора	6	21	54	79,03	25,5	24,5	11	128	-95310,2	74
Северный квершлаг гор. 493 м	53	54	55	79,82	24,5	24,3	10,8	80	-19252,6	76
Тоже	57	55	60	54,28	24,3	24	10,8	100	-19638,5	76
Зап. магистр.откат. квершлаг гор.493 м	62	60	83	49,81	24	23	11,7	75	-60070,9	78
Тоже	65	83	86	43,89	23	22,5	11,7	380	-26465,7	82
Тоже	149	86	88	41,48	22,5	21,9	11,7	560	-30014,9	84
Тоже	153	88	203	39,06	21,9	20,2	11,7	585	-80080,8	86
Вент.ходок в камеру подъемной машины	232	203	204	17,5	20,2	19,6	13,8	83	-12663	86
Вспомогательный уклон пласта m <sub>2</sub>	160	204	135	12,7	19,6	19,2	7,7	65	-6126,48	84
Тоже	161	135	139	23,56	19,2	19	8,9	375	-5682,67	84
Тоже	169	139	149	21,35	19	21	8,9	220	51496,2	82
Тоже	170	149	150	11,42	21	23	5,1	85	27545,04	80
Воздухоподающий штрек 26 зап.лавы пл.m <sub>3</sub>	171	150	145	10,13	23	24	5,9	45	12216,78	78
Тоже	172	145	144	7,49	24	25,6	5,9	40	14452,7	78
Тоже	254	144	221	7,4	25,6	26	5	645	3569,76	78
26 западная лавы пл.m <sub>3</sub>	255	221	222	5,87	26	28	3,6	250	14158,44	78
Конвейерный штрек 26 зап.лавы пл.m <sub>3</sub>	256	222	218	7,4	28	30,2	7,3	645	19633,68	76
Тоже	248	218	217	7,15	30,2	29,6	7,3	30	-5173,74	76
Конвейерный квершлаг	249	217	211	12,56	29,6	29	5,11	88	-9153,54	78
Транспортный уклон пл.m <sub>2</sub>	241	211	15	18,62	29	29	9,2	125	0	80
Тоже	176	152	146	18,62	29	28,6	9,2	20	-8982,29	82
Тоже	177	146	147	17,71	28,6	27,2	9,2	65	-29901,6	84
Тоже	178	147	148	21,35	27,2	27	9,2	165	-5149,62	86
Тоже	179	148	138	21,45	27	27	9,2	40	0	84
Тоже	181	138	136	23,56	27	26,8	9,2	390	-5682,67	84
Тоже	182	136	92	26,77	26,8	26,6	9,2	135	-6456,92	82
Вентиляционный квершлаг	183	92	93	28,39	26,6	26,5	11,9	113	-3423,83	82
Зап. магистр. транспортный квершлаг	187	93	95	42,12	26,5	26,4	11,7	35	-5079,67	86
Полевой конвейерный уклон	189	95	97	47,11	26,4	26,4	12,8	190	0	88
Вентиляционный штрек зап. панели пл.l <sub>4</sub>	191	97	99	49,65	26,4	26,2	12,8	428	-11975,6	86
Вентиляционный квершлаг зап. панели пл.l <sub>4</sub>	193	99	51	49,65	26,2	26	12,8	117	-11975,6	90
Западный вентиляционный ствол	36	51	52	200,61	26	27,1	33,2	782	266129,2	94
Канал вентилятора	38	52	53	224,81	27,1	27,3	23,9	40	54224,17	98
Тоже	40	3	5	271,51	27,3	28	23,9	20	229208,7	98

Из перечисленных выше горнотехнических мероприятий на шахте «Трудовская» не используется одно из основных мероприятий – увеличение расхода воздуха в очистной выработке.

В данной статье исследованы возможности снижения температуры воздуха в действующей 26 западной лаве пласта  $m_3$  за счет увеличения средней скорости движения воздуха в призабойном пространстве лавы до 4 и 6 м/с.

Расчет ожидаемой температуры воздуха с учетом увеличения его расхода по нормативной методике [3] сложен, поэтому для оценки величины возможного снижения температуры воздуха в горных выработках шахты при увеличении расхода воздуха была использована следующая упрощенная методика.

Сначала по выражению (1) рассчитывалось фактическое суммарное поступление тепла в каждой выработке по расчетному маршруту через действующую 26 западную лаву пл.  $m_3$ , которое привело к повышению (или понижению) температуры воздуха

$$\Delta Q_{Ti} = Q_i * \rho_n * C_p * (t_{ki} - t_{ni}) \quad (1)$$

где  $\Delta Q_{Ti}$  - тепловыделение в  $i$ -й выработке, Вт;

$Q_i$  - расход воздуха в  $i$ -й выработке,  $m^3/c$ ;

$\rho_n$  - плотность воздуха при нормальных условиях,  $kg/m^3$ ,  $\rho_n = 1,2 kg/m^3$ ;

$C_p$  - удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/(кг\* $^0C$ ),  $C_p = 1005$  Дж/(кг\* $^0C$ );

$t_{ki}$ ,  $t_{ni}$  – соответственно температура воздуха в конце и в начале выработки по направлению движения воздуха,  $^0C$ .

В таблице 2 приведены результаты расчета величины тепловыделений в действующих выработках по маршруту через 26 западную лаву пл.  $m_3$ . Знаки: + при приращении, - при уменьшении теплосодержания воздуха в выработке.

При увеличении расхода воздуха в горной выработке по сравнению с существующим возможно некоторое увеличение тепловыделений от горных пород, транспортируемого ископаемого и других источников, однако оно незначительно по сравнению с возрастанием расхода воздуха и можно принять его неизменным, полученным по выражению (1).

Затем для действующих и планируемых выработок шахты по расчетному маршруту определяется увеличенный расход воздуха  $Q'_i$  ( $m^3/c$ ) (начиная от расхода воздуха в очистной выработке при  $V = 4$  м/с или  $V = 6$  м/с) путем суммирования фактических и добавочных расходов воздуха.

Ожидаемое значение температуры воздуха в конце действующей горной выработки определяется по выражению

$$t'_{ki} = t_{ni} + \frac{\Delta Q_{Ti}}{Q'_i \rho_n C_p} \quad (2)$$

где  $Q'_i$  - увеличенный расход воздуха в выработке, м/с.

Ожидаемое значение температуры воздуха в конце планируемой горной выработки

$$t_{ki} = t_{ni} + \Delta t_i \quad (3)$$

где  $\Delta t_i$  - приращение (снижение) температуры воздуха в конце планируемой выработки,  $^0C$ .

Величину  $\Delta t_i$  рекомендуется определять по выражению

$$\Delta t_i = \frac{\Delta Q_{Tmax} * l_i}{Q'_i * \rho_n * C_p * l_{max}} \quad (4)$$

где  $\Delta Q_{Tmax}$  - суммарное тепловыделение в действующей выработке – аналоге, примыкающей к планируемой, Вт;

$l_i$  - длина соответственно планируемой выработки и ее аналоге, м.

В таблице 3 представлены расчеты температуры воздуха при трех вариантах увеличения расхода воздуха в действующих выработках шахты «Трудовская» по маршруту через 26 западную лаву пл.  $m_3$ :

1-й вариант – увеличение расхода воздуха в лаве за счет обеспечения средней скорости движения воздуха в лаве до 4 м/с;

2-й вариант – увеличен расход воздуха в лаве до 4 м/с и в два раза увеличен расход воздуха для подсыживания исходящей из выемочного участка струи воздуха, по сравнению с фактическим значением;

3-й вариант – увеличен расход воздуха в лаве до скорости 6 м/с и в два раза увеличен расход воздуха для подсыживания исходящей из выемочного участка струи воздуха по сравнению с фактическим значением.

Таблица 3 – Результаты расчета величин температур воздуха в горных выработках при увеличении расхода воздуха по вариантам.

№ ветви	Номер вент.узлов		Вариант 1			Вариант 2			Вариант 3		
	нач.	кон.	Температура воздуха		Расход воздуха Q, м <sup>3</sup> /с	Температура воздуха		Расход воздуха Q, м <sup>3</sup> /с	Температура воздуха		Расход воздуха Q, м <sup>3</sup> /с
			тнач. °С	Ткон. °С		тнач. °С	ткон. °С		тнач. °С	ткон. °С	
1-2	168	21	28	26,2	249,8	28	26,3	260,94	28	26,37	269,76
6	21	54	26,72	25,5	94,09	26,78	25,55	105,23	26,82	24,81	114,05
53	54	55	25,88	25,37	105,54	26,03	25,41	116,68	24,81	24,37	125,5
57	55	60	25,73	25,15	75,03	25,89	25,22	86,17	24,37	24,13	94,99
62	60	83	25,51	24,45	70,68	25,7	24,61	81,82	24,13	23,45	90,64
65	83	86	24,81	24,1	62,47	25,09	24,31	73,61	23,45	22,74	83,43
149	86	88	24,46	23,7	59,09	24,79	23,96	70,23	22,74	22,19	79,05
153	88	203	24,04	22,49	55,62	24,44	22,97	66,76	22,19	21,02	75,58
232	203	204	22,85	22,1	26,88	23,45	22,69	38,02	21,02	19,98	46,84
160	204	135	22,46	21,84	19,9	23,17	22,53	31,04	19,98	19,47	39,86
161	135	139	22,2	21,7	33,24	23,01	22,42	44,38	19,47	19,11	53,2
169	139	149	22,06	23,05	31,61	22,9	23,42	42,75	19,11	19,83	51,57
170	149	150	23,41	24,15	20,73	23,9	24,51	20,99	19,83	21,77	29,81
171	150	145	24,51	24,66	19,95	24,99	25,01	20,21	21,77	23,35	29,03
172	145	144	25,02	25,31	18,3	25,49	25,66	18,56	23,35	24,44	27,38
254	144	221	25,67	25,47	18,14	26,14	25,82	18,14	24,44	25,71	27,22
255	221	222	25,83	26,65	14,4	26,3	27,12	14,4	25,71	26,54	21,6
256	222	218	26,65	27,19	18,14	27,12	27,52	18,4	26,54	27,14	27,22
248	218	217	27,55	26,95	17,79	28	27,28	18,05	27,14	26,98	26,87
249	217	211	27,31	26,57	19,96	27,76	26,9	20,22	26,98	26,72	29,04
241	211	15	26,93	26,57	29,81	27,38	26,9	39,22	26,72	26,72	48,04
176	152	146	26,93	26,32	29,81	27,38	26,71	39,22	26,72	26,56	48,04
177	146	147	26,68	25,49	29,97	27,19	26,08	39,38	26,56	26,05	48,2
178	147	148	25,85	25,35	31,62	26,56	25,98	41,03	26,05	25,96	49,85
179	148	138	25,71	25,35	31,79	26,46	25,98	41,2	25,96	25,96	50,05
181	138	136	25,71	25,21	33,25	26,46	25,87	42,66	25,96	25,87	51,48
182	136	92	25,57	25,07	37,99	26,35	25,76	47,4	25,87	25,77	56,22
183	92	93	25,43	25	40,84	26,24	25,7	50,35	25,77	25,72	59,17
187	93	95	25,36	24,93	60,32	26,18	25,64	69,83	25,72	25,67	78,65
189	95	97	25,29	24,93	67,55	26,12	25,64	77,06	25,67	25,67	85,88
191	97	99	25,29	24,79	70,98	26,12	25,52	80,49	25,67	25,56	89,31
193	99	51	25,15	24,65	70,98	26	25,4	80,49	25,56	25,45	89,31
36	51	52	25,01	25,53	250,97	25,88	26,25	260,48	25,45	26,27	269,3
38	52	53	25,89	25,7	271,33	26,73	26,41	280,84	26,27	26,43	289,66
40	3	5	26,06	26,72	288,63	26,89	27,53	298,14	26,43	27,05	306,96

Примечание:

- ветви (выработки) с 1 по 255 со свежим воздухом;
- ветвь 255 является 26 западной лавой пл. тз;
- ветви (выработки) с 255 по 40 с исходящей струей воздуха.

Таблица 4 – Исходные данные и результаты расчетов температуры воздуха в горных выработках по маршруту через 28 западную лаву пл.м<sub>3</sub> (перспективу) по вариантам

№ ветви	Номер вент.узлов		Длина выработки, L м	Вариант 1			Вариант 2		
	нач.	кон.		Температура воздуха		Расход воздуха Q, м <sup>3</sup> /с	Температура воздуха		Расход воздуха Q, м <sup>3</sup> /с
				тнач. °С	ткон. °С		тнач. °С	ткон. °С	
2	168	21	504	28,0	25,5	127,68	28	26,83	271,84
6	21	54	128	25,5	24,5	79,03	26,83	26,15	116,13
53	54	55	80	24,5	24,3	79,82	26,15	26,02	127,58
57	55	60	100	24,3	24,0	54,28	26,02	25,85	97,07
62	60	83	75	24,0	23,0	49,81	25,85	25,31	92,72
65	83	86	380	23,0	22,5	43,89	25,31	25,05	84,51
149	86	88	560	22,5	21,9	41,48	25,05	24,74	81,13
153	88	203	585	21,9	20,2	39,06	24,74	23,88	77,66
232	203	204	83	20,2	19,6	17,50	23,88	23,67	48,92
160	204	135	65	19,6	19,2	12,70	23,67	23,55	41,94
161	135	139	375	19,2	19,0	23,56	23,55	23,46	55,28
169	139	149	250	19,0	21,27	21,35	23,46	24,25	53,82
240	149	215	250	21,27	23,54	21,35	24,25	24,34	52,17
246	215	214	250	23,54	25,81	21,35	24,34	24,43	50,79
268	214	232	85	25,81	27,81	11,42	24,43	25,2	29,03
269	232	233	45	27,81	28,81	10,13	25,2	25,55	29,03
270	233	234	40	28,81	30,41	7,49	25,55	25,99	27,38
271	234	235	1290	30,41	31,21	7,4	25,99	26,1	27,22
272	235	236	250	31,21	33,21	5,87	26,1	26,64	21,6
273	236	237	1290	33,21	37,61	7,4	26,64	27,24	27,22
274	237	238	88	37,61	36,59	7,4	27,24	26,96	27,22
275	238	239	125	36,59	36,59	13,11	26,96	26,79	44,23
276	239	213	125	36,59	36,59	13,37	26,79	26,23	44,58
244	213	212	20	36,59	36,03	13,37	26,23	26,13	44,58
242	212	211	65	36,03	34,18	13,37	26,13	26,13	44,58
241	211	152	125	34,18	34,18	13,37	26,13	26,02	44,58
176	152	146	20	34,18	33,68	13,37	26,02	25,9	44,58
177	146	147	65	33,68	33,12	13,37	25,9	25,84	44,58
178	147	148	165	33,12	32,85	16,00	25,84	25,74	46,04
179	148	138	40	32,85	32,85	16,10	25,74	25,64	46,21
181	138	136	390	32,85	32,59	18,21	25,64	25,54	47,67
182	136	92	135	32,59	32,34	21,42	25,54	25,44	52,41
183	92	93	113	32,34	32,21	29,31	25,44	25,4	63,42
187	93	95	35	32,21	32,10	36,76	25,4	25,35	82,9
189	95	97	190	32,10	32,10	44,75	25,35	25,35	90,13
191	97	99	428	32,10	31,89	47,29	25,35	25,24	93,56
193	99	51	117	31,89	31,68	47,29	25,24	25,13	93,56
36	51	52	782	31,68	32,79	198,24	25,13	25,74	360,25
38	52	53	40	32,79	32,99	222,44	25,74	25,86	380,61
40	53	5	20	32,99	33,70	269,14	25,86	26,34	397,91

Как видно из результатов расчетов приведенных в таблице 3 температура воздуха в 26 западной лаве при использовании вариантов 1,2 и 3 снижается по сравнению с фактическим значением соответственно на 1,35, 0,88 и 1,46<sup>0</sup>С. При этом температура воздуха в выработке со свежей струей воздуха не превышает допустимых нормативными документами значений а в очистном забое 26 западной лавы незначительно превышает

26<sup>0</sup>С. Снижаются также значения температур воздуха в выработках с исходящей струей воздуха.

В таблице 4 дано сравнение расчетных значений температур воздуха в горных выработках шахты «Трудовская» по маршруту от устья воздухоподающего ствола через 28 западную лаву и до устья воздуховыдающего ствола. При этом рассмотрено два варианта: в варианте 1 подается в шахту ( и следовательно в лаву) расход воздуха, равный фактическому при отработке 26 западной лавы пласта м<sub>3</sub>; в варианте 2 обеспечивается подача воздуха в 28 западную лаву со скоростью 6 м/с, а в шахту в 1,465 раза больше фактически используемого при ведении работ в 26 западной лаве пл. м<sub>3</sub>.

Как видно из полученных значений температура воздуха в конце 28 западной лавы без увеличения расхода воздуха может достигнуть 33,21<sup>0</sup>С, а в выработках с исходящей струей воздуха может быть в пределах от 31,9 до 37,6<sup>0</sup>С.

При увеличении расхода воздуха в 28 западной лаве пл. м<sub>3</sub>. и выработках с исходящей струей воздуха по варианту 2 будут обеспечены значения температур воздуха незначительно превышающие максимально допустимые значения. Превышения допустимых значений температур воздуха будут не более 0,5-0,7<sup>0</sup>С.

Таким образом, в условиях шахты «Трудовская» при отработке 26 западной, 27 восточной и 28 западной лав пл.м<sub>3</sub> при увеличении расхода воздуха в очистных выработках путем повышения скорости воздуха до 4 и 6 м/с возможно существенное снижение температуры воздуха в выработках с постоянным присутствием горняков.

При доведении площадей поперечных сечений некоторых горных выработок до проектных значений и герметизации вентиляционных сооружений для снижения утечек воздуха до расчетных величин необходимое увеличение подачи воздуха в шахту, на выемочные участки и в лавы может, как показали расчеты, быть обеспечено используемым на шахте вентилятором главного проветривания.

## **АНАЛІЗ СТАНУ ТЕПЛОВИХ УМОВ НА ШАХТІ «ТРУДОВСЬКА» І РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ**

*Проведено аналіз стану теплових умов у гірничих виробках шахти і розроблені заходи щодо зниженню температури повітря.*

*АНАЛІЗ, СТАН, ТЕПЛОВІ УМОВИ, ЗАХОДИ, ЗНИЖЕННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, ВИТРАТА, ПОВІТРЯ, ШАХТА, ВИРОБКИ.*

*Stukalo V.A., k.t.s., Volkova N.P., magistrant (GLM-12m)*

## **ANALYSIS OF THE STATE OF THERMAL TERMS IN THE MINE OF “TRUDOVSKAYA” AND DEVELOPMENT OF MEASURES ON THE DECLINE OF TEMPERATURE OF AIR.**

*The analysis of the state of thermal terms resulted in the mountain making of mine and measures are developed on the decline of temperature of air.*

*ANALYSIS, STATE, STATE OF THERMAL TERMS, MEASURES, DECLINE, TEMPERATURE, HUMIDITY, EXPENSE, AIR, MINE, MAKING.*

Список используемой литературы

1. Государственные санитарные нормы и правила (для угольной промышленности)
2. Правила безопасности в угольных шахтах.- Харьков.:Форт,2010.-255с.
3. Прогнозирование и нормализация тепловых условий в угольных шахтах.- Киев.:  
Миниэнергоуглепром Украины, 2011г.