

Список литературы

1. Самуся, В.И. Оценка эффективности теплонасосной технологии утилизации тепла воздушных турбокомпрессоров / В.И. Самуся, Ю.И. Оксень, М.В. Радюк // Науковий вісник НГУ. – 2010. – №6. – С. 78 – 82.
2. Радюк, М.В. Оценка энергетической эффективности когенерационной утилизации низкопотенциального тепла воздушных турбокомпрессоров // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №11. – С. 42 – 45.
3. Шаргут, Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела – М. : Энергия, 1968. – 279 с.
4. Бродянский, В.М. Эксергетический метод и его приложения / В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Кириченком Є.О.
Надійшла до редакції 26.04.12*

УДК 622.8

© А.В. Бессчастный, В.Г. Марченко, В.В. Марченко

ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОИЗБЫТКОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ОТ СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

На основе многолетних наблюдений теплового режима подземного сооружения разработана математическая модель расчета теплоизбытков в зависимости от времени года.

На основі багаторічних спостережень теплового режиму підземної споруди розроблена математична модель розрахунку теплонадлишків в залежності від пори року.

On the basis of long-term observations of the thermal regime of underground facilities designed mathematical and physical model of calculation of heat in the seasons.

Источники поступления тепла в подземные выработки, используемые для нужд народного хозяйства, разделяются на технологические и природно-климатические.

Так для условий Инкерманского завода марочных вин (ИЗМВ) технологические тепловыделения – это тепловыделения от людей, пропарки бутов, электрооборудования; они относительно стабильны и согласно нашим расчетам равны 23,4 тыс. ккал/ч.

Природно-климатические теплопоступления в горные выработки обусловлены сезонными колебаниями температуры наружного воздуха, радиационным прогревом вмещающих пород и их теплофизическими характеристиками. Часть тепла, поступающего в цех, теряется через кровлю, почву, стены выработок. Оставшаяся часть осуществляет "натоп" помещения, т.е. повышает температуру воздуха в цехе.

Расчеты по методике [1–3] позволяют определить усредненное значение теплоизбытков, обуславливающих "натоп" горных выработок. Для наших условий по расчету величина теплоизбытков составляет 75700 ккал/ч. Фактические среднемесячные значения теплоизбытков могут значительно отличаться от расчетных, что обусловлено несовершенством методики расчета и нестабильностью теплопритоков, обусловленных в первую очередь природно-климатическими факторами. Существующая методика анализа изменения тепловой нагрузки на систему [3] предназначена для промышленных зданий и сооружений и неприменима для подземных горных выработок.

Поэтому для анализа влияния сезонных колебаний температуры на величину теплоизбытков были использованы результаты экспериментальных исследований. Характер изменения сезонной температуры и температуры воздуха цехов приведен на рис. 1.

Как следует из анализа этих графиков, характер изменения температуры воздуха в цехах повторяет синусоидальный характер изменения температуры наружного воздуха при значительно меньшей амплитуде колебаний. Для цеха № 1 сезонные колебания температуры достигают $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, для цеха № 2 – $2,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом максимальные значения температуры в цехах проявляются с запаздыванием на 1,5...2 месяца по сравнению с наружным воздухом, что обусловлено большой тепловой инерционностью вмещающих пород. Более низкие значения температуры в цехе № 1 обусловлены работой системой кондиционирования воздуха (СКВ). Опыт эксплуатации СКВ показывает, что одна и та же температура воздуха в цехе может быть получена при различной охлаждающей способности воздуха, что обусловлено в первую очередь сезонными колебаниями температуры. Кроме того, на температуру воздуха цеха оказывает влияние и суточные колебания температуры наружного воздуха, особенно при использовании режима проветривания наружным воздухом при нулевом коэффициенте рециркуляции.

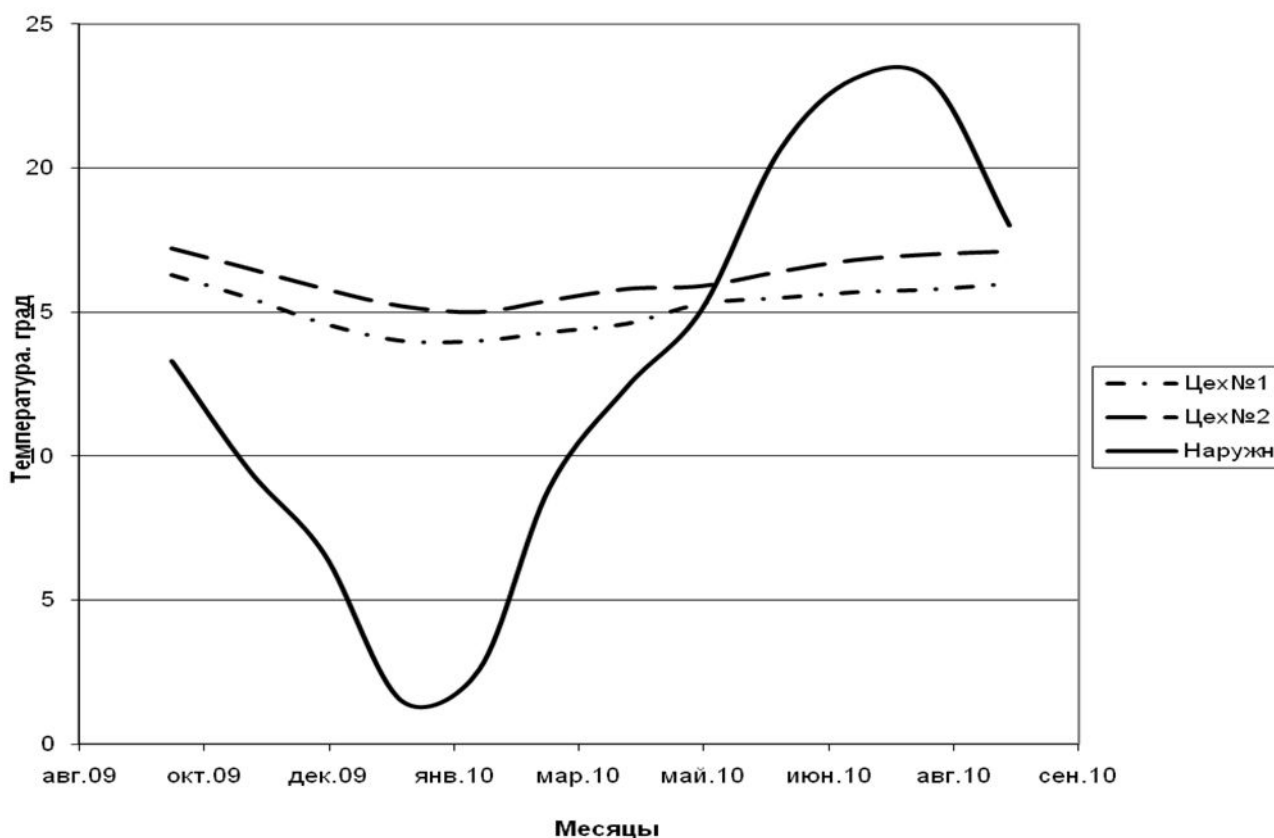


Рис. 1. Характер изменения сезонной температуры и температуры воздуха цехов

Многолетние наблюдения параметров наружного воздуха (табл.1) показывают, что при достаточно стабильной относительной влажности воздуха (71...70 %) амплитуда колебаний температуры достигает $18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом наблюдается существенное колебание среднемесячных температур по годам, о чем свидетельствуют среднеквадратические отклонения температуры.

Метеорологические параметры наружного воздуха за период 1974–2010 годы

Параметры	Месяцы												Средне- годовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температуры, °С	3,6	3,1	5,7	10,0	15,2	19,8	22,2	22,2	18,2	13,1	8,0	5,5	12,3
Среднеквадрат. отклонения	1,5	2,8	1,9	1,2	0,8	0,8	1,1	1,1	1,0	1,8	1,6	1,9	
Относит. влаж- ность, %	76	75	78	76	74	71	71	70	73	76	76	77	74

Особенно большой разброс значений температуры наблюдается в холодную пору года (октябрь...март), где величина среднеквадратического отклонения достигает 50...70 % от средней температуры.

Наличие запаздывания теплоступлений в выработки, обусловленного тепловой инерционностью массива горных пород, не позволяет получить универсальную зависимость тепловыделений от температуры наружного воздуха. Однако данные табл. 1 позволяют получить такие зависимости для каждого месяца. Так для декабря месяца охлаждающая способность воздуха 19,8 тыс.ккал/ч достаточна была для поддержания в цехе 14,2 °С, а при охлаждающей способности воздуха 26 тыс. ккал/ч, температура воздуха в цехе понизилась до 13,7 °С.

Учитывая небольшой диапазон изменения температуры воздуха в цехе (14...16 °С) можно представить зависимость между величиной теплоизбытков, которые надо ассимилировать, и температурой воздуха в цехе в линейной форме

$$Q_{ц} = a - \nu t_{ц} , \quad (1)$$

где $Q_{ц}$ – величина теплоизбытков, которые необходимо ассимилировать для получения температуры воздуха в цехе $t_{ц}$ тыс. ккал/ч; a – технологические тепловыделения равные 23,4 тыс.ккал/ч; ν – коэффициент, зависящий от температуры воздуха цеха.

Выражение (1) справедливо для условий, когда на температуру воздуха влияют только технологические тепловыделения.

Для учета влияния сезонных колебаний температуры наружного воздуха и температуры вмещающих пород на величину теплоступлений в цех представим формулу (1) в виде

$$Q_{ц} = a - \nu t_{ц} + c t_{н} , \quad (2)$$

где $t_{н}$ – среднемесячная температура наружного воздуха, °С; c – коэффициент, учитывающий тепловую инерционность вмещающих пород и степень влияния наружной температуры воздуха на теплоступления в цех.

Значения коэффициентов ν , c , полученные в результате математической обработки результатов экспериментальных данных приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 подтверждают правильность выбранной математической модели (формула 1), о чем свидетельствует характер изменения коэффициентов ν и c .

Значения теплоизбытков $Q_{ц}$, осуществляющих “натоп” помещений цеха до температуры 15°С, рассчитанные по формуле (1), приведены в табл.2. Расчет производился по среднемесячным температурам, приведенным в табл.1, поэтому слагаемое $c t_{н}$

в формуле (1) можно для каждого месяца рассматривать как постоянное. Тогда формулу (1) можно записать в виде

$$Q_{ц} = Q_m - \epsilon t_{ц} , \quad (3)$$

где Q_m – величина суммарных теплоизбытков обусловленных технологическими теплопоступлениями, влиянием температуры наружного воздуха и тепловой инерционностью вмещающих пород, тыс. ккал/ч.

Значения Q_m приведены в табл.2., из которой следует, что технологические тепловыделения заметно влияют на температуру воздуха цеха только в осенне-зимний период года. Летом основные теплопоступления обусловлены температурой наружного воздуха и тепловыделениями вмещающих пород.

Таблица 2

Значения коэффициентов ϵ и c в формуле 1

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
ϵ	0,6	1,6	2,7	3,7	6,0	11,6	16,0	15,4	9,0	3,4	1,2	1,2
c	1,1	2,1	3,0	4,4	6,4	9,3	12,0	12,1	8,7	5,2	4,0	3,1
$Q_{ц}$ тыс. ккал/ч	18,0	9,0	7,0	13,5	31,0	33,3	50,2	60,9	47,5	40,1	37,4	23,0
Q_m тыс. ккал/ч	27,4	29,9	45,3	67,4	120,7	207,6	289,8	292,0	181,7	91,5	55,4	40,5

Данные табл. 2. наглядно иллюстрируют, что на температуру воздуха в цехе влияет не только температура наружного воздуха, но и явление тепловой инерционности вмещающих пород.

Так при относительно одинаковых тепловых нагрузках, обусловленных температурой наружного воздуха (температура марта 7,3°C, температура ноября 8°C), для получения в цехе температуры воздуха 15°C необходимо ассимилировать для марта 7 тыс.ккал/ч, а для ноября 37,4 тыс.ккал/ч тепла.

Однако, анализ характера изменения температуры наружного воздуха по результатам многолетних наблюдений свидетельствует, что в последние годы происходит повышение среднегодовой температуры воздуха. В то же время наблюдаются резкие колебания среднемесячных температур последних 2-х лет по сравнению с многолетними среднемесячными значениями температур. Поэтому реальные теплоизбытки и рассчитанные (табл.2) могут несколько отличаться, что обусловлено несовпадением фактической среднемесячной температуры с многолетней среднемесячной температурой (табл.1). Все это свидетельствует о необходимости использования данных таблицы.2 для предварительной оценки величины теплоизбытков, которая может корректироваться с учетом фактических температур.

Список литературы

1. Рубинэ М. Кондиционирование воздуха в подземных помещениях / Рубинэ М.; – М.:Наука, 1963. – 216 с.
2. Веселов А.Н. Охлаждение рудничного воздуха / Веселов А.Н. - Свердловск : Свердловский горный институт, 1961.- 66с.
3. Нимич Г.В. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха / Нимич Г.В., Михайлов В.А., Бондарь Е.С.; – К.:ТОВ “Видавничий будинок ”Аванпост-Прим”, 2003.– 630 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голіньком В.І.
Надійшла до редакції 22.03.2012*