Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. LXXУП, 1978 г.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕБАНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВОРКУТИНСКОГО РАЙОНА КАК ОСНОВНОГО ВОЗМУЩЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫМИ ОБЪЕКТАМИ ШАХТ

Н.М.ТРЕТЬЯКОВ, Н.М.ТРЕТЬЯКОВА, А.С.СТЕПАНОВ

Расчет и настройка регуляторов, а также выбор оптимальных режимов работы теплотехнических объектов (шахтных калориферных установок, бойлерных, котельных, систем тепло- и водоснабжения шахт, поселков и городов) определяются значением температуры атмосферного воздуха. Ориентировка на наихудшие температурные условия приводит к неоправданному завышению потребного количества тепла, а, следовательно, к высоким эксплуатационным затратам. В связи с этим необходимо знание среднестатистических значений температуры атмосферного воздуха и скорости ее изменения по месяцам, сезонам и за весь оптимальный период.

В районе Воркуты статистическими исследованиями скорости изменения температуры атмосферного воздуха как основного возмущающего воздействия на тепловые объекты выявлены следующие ее значения [I], °С/3ч:

	Средневероятное	Максимальное
Сентябрь	0-0,91	8
Октябрь	0-0,80	11
Ноябрь	0-0,88	10
Декабрь	0-0,95	8
Январь	0-1,12	9
Февраль	0-1,10	10
Март	0-1,46	17
Апрель	0-1,08	11
Май	0-0,96	13
Осень	0-0,86	11
Зима	0-1,06	10
Весна	0-1,17	17
Отопительный период	0-1,03	17

Для расчета статики систем теплоснабжения, а также для настройки регуляторов важно знать не только скорость изменения температуры, но и наиболее вероятную в данный период времени температуру.

С этой целью проведена статистическая обработка замеров температуры атмосферного воздуха, полученных Воркутинской метеостанцией за последние 10 лет. Обработке подвергались данные 9 месяцев отопительного периода (с сентября по май). Температура замеряется через каждые 3 ч, поэтому обработка охватывала 21600 значений температуры [4].

Результаты обработки случайной величины x (температуры атмосферного воздуха) для каждого месяца были оформлены в виде статистических рядов, а затем в виде гистограмм, по которым строились графики кривых плотности распределения $f(x)$.

Для каждого месяца по статистическим рядам вычислены следующие характеристики распределений [1]: математическое ожидание $m_x^* = \sum_{i=1}^{k} x_i p_i^*$; дисперсия $D_x^* = \sum_{i=1}^{k} (x_i - m_x^*)^2 p_i^*$; среднеквадратическое отклонение $\sigma_x = \sqrt{D_x^*}$; третий и четвертый центральные моменты соответственно $\mu_3 = \sum_{i=1}^{k} (x_i - m_x^*)^3 p_i^*$; $\mu_4 = \sum_{i=1}^{k} (x_i - m_x^*)^4 p_i^*$; симметрия $Sk = \mu_3 / \sigma^3$; и эксцесс $Ex = \mu_4 / \sigma^4 - 3$, где x_i – "представитель" i-го разряда (середина разряда); p_i^* – частота i-го разряда; k – число разрядов статистического ряда.

Значения характеристик статистических распределений температуры для каждого месяца отопительного периода следующие:

	m_x^*, °C	D_x^*	σ, °C	μ_3	μ_4	Ex	Sk
Сентябрь	3,416	19,854	4,456	50,920	1309	3,320	0,576
Октябрь	-4,313	40,217	6,342	0,000	8605	5,320	-1,758
Ноябрь	-15,644	93,122	9,650	-238,100	18024	2,078	-0,265
Декабрь	-15,043	73,552	8,576	-381,410	14962	2,776	-0,605
Январь	-23,390	91,564	9,569	-102,340	22051	2,630	0,117
Февраль	-20,583	72,245	8,500	-280,080	14006	2,684	-0,456
Март	-14,102	77,599	8,809	-331,540	14157	2,351	-0,485
Апрель	-10,590	56,438	7,512	-246,150	7949	2,496	-0,581
Май	-4,550	32,665	5,715	-59,259	3061	2,868	-0,317

Полученные распределения имеют отрицательную асимметрию $Sk < 0$ (исключение составляет сентябрь, где $Sk > 0$) и обладают значительными положительными эксцессами $Ex > 0$, т.е. все распределения являются островершинными.

Дисперсия (рассеянность) D_x^* случайной величины около математического ожидания m_x^* для всех распределений относительно невелика. Среднее квадратическое отклонение для всех полученных распределений $\sigma < 10^{\circ}C$ при диапазоне изменения случайной величины $x_{max} - x_{min} = 50^{\circ}C$, т.е. $x_{max} - x_{min} \approx 5\sigma$. Для нормального распределения $x_{max} - x_{min} \approx 6\sigma$.

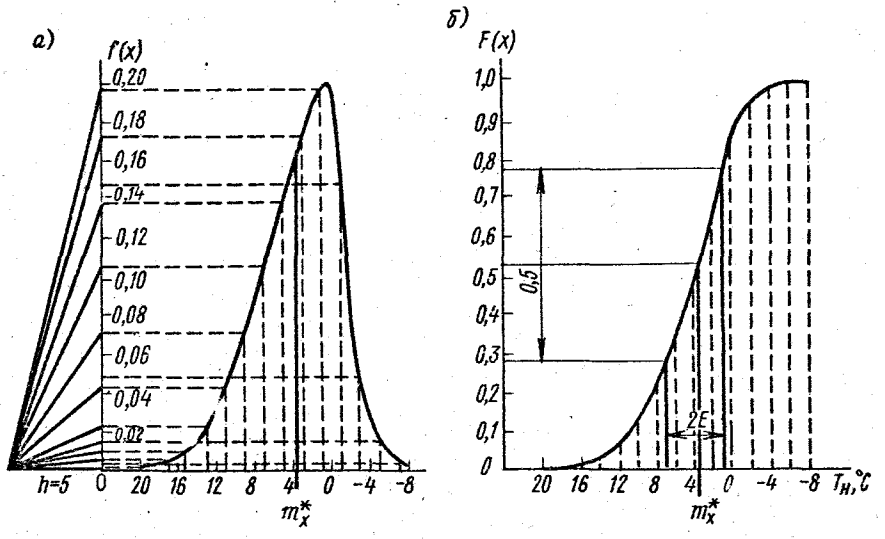


Рис.1. Построение статистической функции распределения температуры атмосферного воздуха в сентябре

Очевидно, что сглаживание полученных статистических распределений с помощью нормального закона невозможно ($Ex > 0$, $Sк \neq 0$, $x_{max} - x_{min} < 6б$).

Такое сглаживание, а следовательно определение плотности и функции распределений аналитически может быть выполнено распределениями типа А (кривые Грама-Шарлье) [2]. Однако, учитывая громоздкость и сложность интегральных выражений, к которым приводит распределение Грама-Шарлье при нахождении вероятного отклонения, интегрирование полученных кривых плотности распределения $f(x)$, т.е. нахождения функции распределения

$$F(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx$$

произведем графическим методом [3].

Построение интегральной кривой статистической функции распределения $F(x)$ температур атмосферного воздуха в районе Воркуты в сентябре приведено на рис.I. При построении использованы следующие масштабы: $m_{f(x)} = 0,01$, $m_{F(x)} = 0,05$, полюсное расстояние лучевого масштаба

$$h = \frac{m_{F(x)}}{m f(x)} = \frac{0,05}{0,01} = 5 .$$

По полученной кривой $F(x)$ найдено вероятное (срединное) отклонение 2E . Для сентября

$$2E = \left[F\left(m_x^*\right) - 0,25\right]^{-1} - \left[F\left(m_x^*\right) + 0,25\right]^{-1} = 7,4 - 0,6 = 6,8^{\circ}C.$$

Показатель (-I) указывает на функцию, обратную $F(x)$.

Вероятность попадания случайной величины x на участок распределения, ограниченный по оси абсцисс отрезком 2E , включающим математическое ожидание m_x^* , равна 0,5. Следовательно, вероятность того, что температура атмосферного воздуха в сентябре будет в пределах $7,4^{\circ}C$-$0,6^{\circ}C$ равна 0,5.

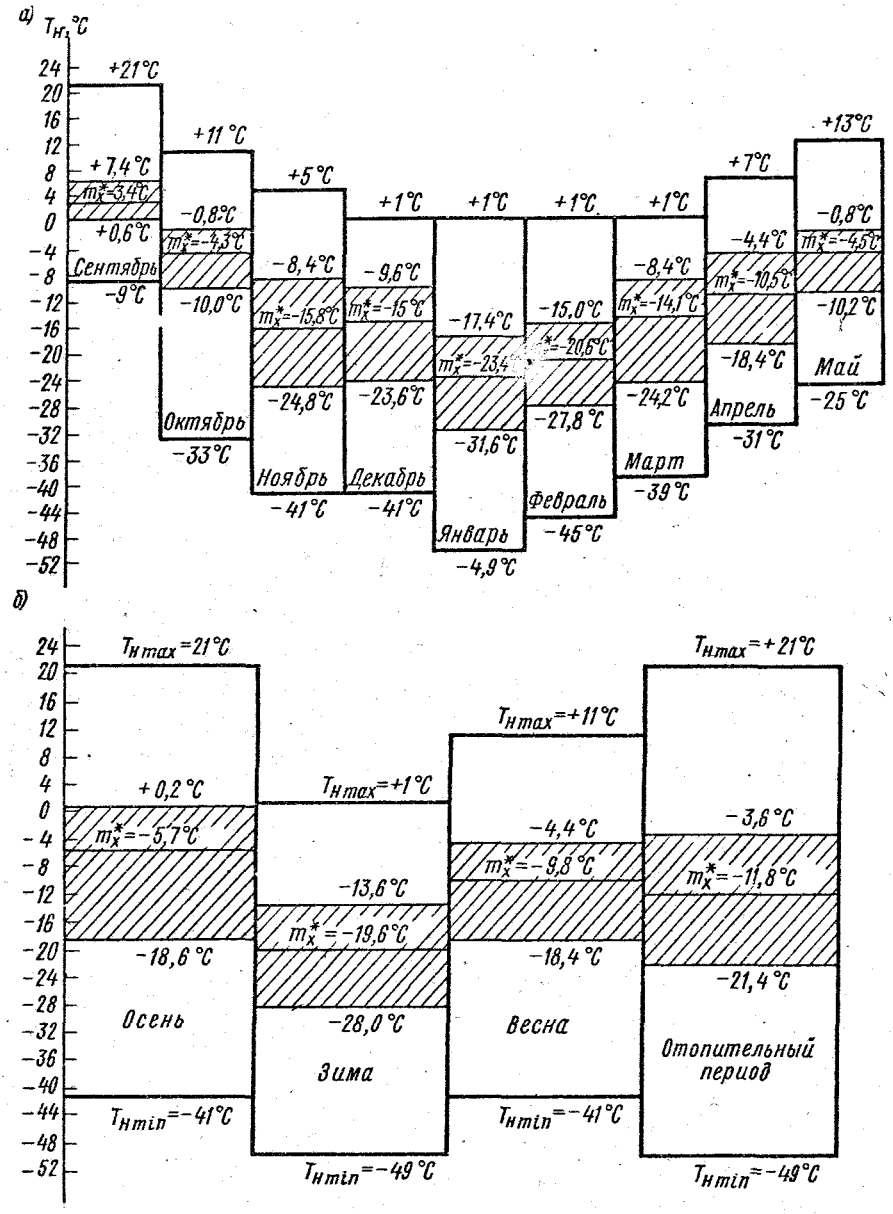


Рис.2. Диапазоны изменения, области вероятных значений (заштрихованы) и математическое ожидание температуры атмосферного воздуха по месяцам (а), по сезонам и за отопительный период (б)

Аналогично по кривым плотности распределения методом графического интегрирования получены функции распределений температуры атмосферного воздуха в районе Воркуты для остальных месяцев отопительного периода и найдены минимальные, максимальные и вероятные значения температуры для каждого из этих месяцев.

Диапазоны изменения, области вероятных значений и математическое ожидание m_x^* температуры атмосферного воздуха в районе Воркуты для каждого месяца отопительного периода показаны на рис.2,а.

Для определения вероятного значения температуры в течение сезонов (осень, зима, весна) и всего отопительного периода обработаны статистические данные за эти периоды времени, т.е. составлены статистические ряды, построены гистограммы, графики кривых плотности распределений и функции распределения, а также вычислены статистические характеристики распределений температур:

	m_x^*,°C	D_x^*	σ,°C	μ_3	μ_4	Ex	Sk
Осень	-5,72	109,71	10,47	-873,50	38274	-0,76	0,18
Зима	-19,64	91,97	9,59	-307,90	21861	-0,35	-0,42
Весна	-9,98	73,76	8,59	-344,70	15021	-0,54	-0,24
Отопительные период	-11,80	126,63	11,25	-531,10	42466	-0,37	-0,35

Значения математических ожиданий, областей вероятных отклонений и диапазоны изменения температуры атмосферного воздуха в районе Воркуты по сезонам и за отопительные период показаны на рис.2,б.

Выводы

Статистические распределения температуры атмосферного воздуха в районе Воркуты по месяцам, сезонам и за отопительный период не подчинены нормальному закону, отличаются асимметрией $Sk \neq 0$ и имеют положительные по месяцам и отрицательные по сезонам эксцессы $Ex \neq 0$.

Полученные данные могут быть использованы для синтеза и анализа систем автоматического регулирования тепловых объектов в районе Воркуты, для настройки регуляторов в этих системах, а также для расчета и выбора наиболее рациональных и экономичных режимов работы таких объектов.

Вероятные значения температур могут быть использованы для прогнозирования потребления тепла различными тепловыми объектами с целью планирования затрат на тепло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М., Наука, 1964.

2. Митрополёский А.К. Техника статистических вычислений. М., Наука, 1971.

3. Смирнов В.И. Курс высшей математики, т. 1, М., Физматгиз, 1961.

4. Третьяков Н.М., Модестов Ю.А. Статистические исследования основного возмущающего воздействия на калориферы шахт комбината „Воркутауголь". – Записки Ленинградского горного института, 1975, т. 98, вып. 1.