

УДК 621.565.5

А.Б. Гончар, магистрант кафедры ЭМСС*Севастопольский национальный технический университет**пр. ген. Острякова, 92-89, г. Севастополь, Украина, 99011**E-mail: gabgabual@gmail.com***С.Н. Ефремов, доцент, канд. техн. наук,****Е.С. Ткач, инженер***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: emss.sevntu@gmail.com***АНАЛИЗ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

Проведен анализ температурно-влажностных характеристик воздушной среды в Севастопольском регионе за 2009 г. Определены исходные параметры как наружного воздуха, так и воздуха помещений для проектирования систем кондиционирования и тепловых насосов, используемых в системе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

Ключевые слова: температура, относительная влажность, температурно-влажностная характеристика, наружный воздух, комфортность, ЖКХ.

Эффективное использование вторичных энергоресурсов и пути сбережения традиционных источников энергии и топливных ресурсов вынуждает искать альтернативные решения.

Одним из наиболее эффективных средств в жилищном строительстве и ЖКХ является применение теплонасосных установок (ТНУ) в составе системы кондиционирования воздуха (СКВ). Выпуск и использование этих установок во всем мире неуклонно растет. Желание руководства города Севастополя в использовании ТНУ в системе ЖКХ нашло отражение в решении Севастопольского городского совета № 10837 от 14 сентября 2010 года о стратегии развития Севастополя на 2010-2020 годы [1].

Цель статьи состоит в том, чтобы на основе детального анализа тепловлажностных характеристик наружного воздуха и воздуха помещений, рекомендовать исходные теплофизические параметры на стадии проектирования, выбора оборудования СКВ и ТНУ и дальнейшей их эксплуатации. Для этого ставятся следующие задачи: найти среднее значение тепловлажностных параметров наружного воздуха; определить расчетную температуру наружного воздуха; определить временные периоды летних и зимних режимов эксплуатации СКВ и ТНУ; определить комфортные параметры воздуха различных помещений.

Город Севастополь расположен на географической широте $44^{\circ} 37'$, что почти совпадает с широтой г. Ялты ($44^{\circ} 30'$) и входит в третью основную климатическую зону. Согласно результатам наблюдения гидрометеоцентра в г. Севастополе имеются данные по тепловлажностному состоянию наружного воздуха за каждые сутки 2009 года с указанием максимальных, минимальных и средних значений следующих параметров: температуры, влажности, давления, направления ветра, скорости и порывы ветра.

В результате анализа температуры и влажности воздуха определены среднесуточные значения, которые представлены в таблице 1 среднесуточное состояние воздуха в г. Севастополе за 2009 г.

Таблица 1 – Среднесуточное состояние воздуха за 2009 г. в г. Севастополе

Параметры воздуха	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Средняя максимальная температура $t_{\max}$, °C	10,8	10,4	12,1	17	23,1	29,8	30,6	28,6	25	18,3	14,6	10,7
Средняя относительная влажность при $\varphi_{\max}$, %	71	71	69	63	71	68	70	65	70	75	72	68
Средняя минимальная температура $t_{\min}$, °C	4,8	5,4	6,2	8,5	13,7	19,8	22,3	19,5	16,5	11,2	8,5	4,3
Средняя относительная влажность при $\varphi_{\min}$, %	55	57	54	39	48	41	46	41	47	57	55	52
Среднесуточная температура воздуха t_{cp} , °C	7,6	7,6	8,8	12,3	18,3	24,5	26	23,5	20	14,3	11,3	8
Среднесуточная относительная влажность φ_{cp} , %	64	65	61	53	60	55	60	55	60	69	65	62
Среднесуточное теплосодержание воздуха i_{cp} , кДж/кг	18	18	17,9	24,8	39	51,5	58	49	42	32	25	18

Определение расчетной температуры наружного воздуха $t_{p.n.}$ необходимо для расчета СКВ и ТНУ, обеспечивающих комфортное состояние воздуха в помещении. Рекомендуется [2] формула для определения $t_{p.n.}$:

$$t_{p.n.} = a \cdot t_{c.p.} + b \cdot t_{\max(\min)}, \quad (1)$$

где a и b – постоянные коэффициенты и равны 0,4 и 0,6 соответственно.

В таблице 2 представлены среднемесячные расчетные температуры наружного воздуха по состоянию за 2009 год в г. Севастополе.

Таблица 2 – Среднемесячные расчетные температуры наружного воздуха

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Летний период $t_{p.л.}$	9,6	9,5	10,9	15,3	21,2	27,8	28,9	27	23,2	16,9	13,4	9,4
Зимний период $t_{p.з.}$	6,0	6,4	7,3	10,2	15,6	21,8	24	21,3	18,0	12,6	9,7	5,6

На рисунке 1 показаны периоды эксплуатации СКВ в летнем режиме и ТНУ в зимнем режиме в зависимости от средней наружной температуры воздуха.

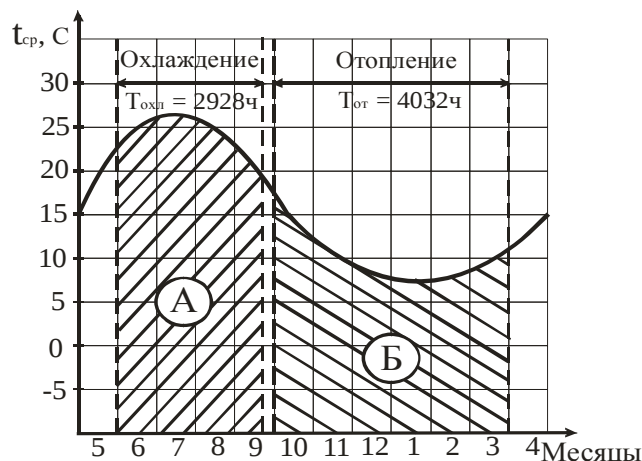


Рисунок 1 – Среднемесячная температура наружного воздуха в течение года в Севастопольском регионе.
Зона А – использование СКВ;
зона Б – использование ТНУ

Изменение параметров наружного воздуха, таких как температура, влагосодержание, теплосодержание, парциальное давление водяного пара в течение года наглядно показано в диаграмме $i - d$ на рисунке 2.

Безусловно, что расчетной температурой воздуха, гарантирующей защиту от любых тепловых нарушений теплового режима помещений, будет максимальная (минимальная) температура, которая обеспечивает следующее равенство:

$$t_p = t_{cp} + 3 \cdot \sigma, \quad (2)$$

где t_{cp} – математическое ожидание; σ – среднеквадратичное отклонение.

Использование в качестве расчетной максимальной (минимальной) температуры приведет к неоправданному перерасходу средств. Поэтому необходим выбор оптимального значения $t_{p.opt.}$ как для летних, так для зимних условий. Для этого необходимо задаться степенью надежности P , тогда $\frac{(t_{p.opt.} - t_{cp})}{\sigma} = x$ и $t_{p.opt.} = t_{cp} + x \cdot \sigma$. Для определения x в зависимости от P можно воспользоваться таблицей 3.

Таблица 3 – Зависимость x от P

P	x	P	x	P	x
0,75	0,674	0,9	1,281	0,97	1,881
0,80	0,842	0,95	1,645	0,98	2,054
0,85	1,036	0,96	1,751	0,99	2,326

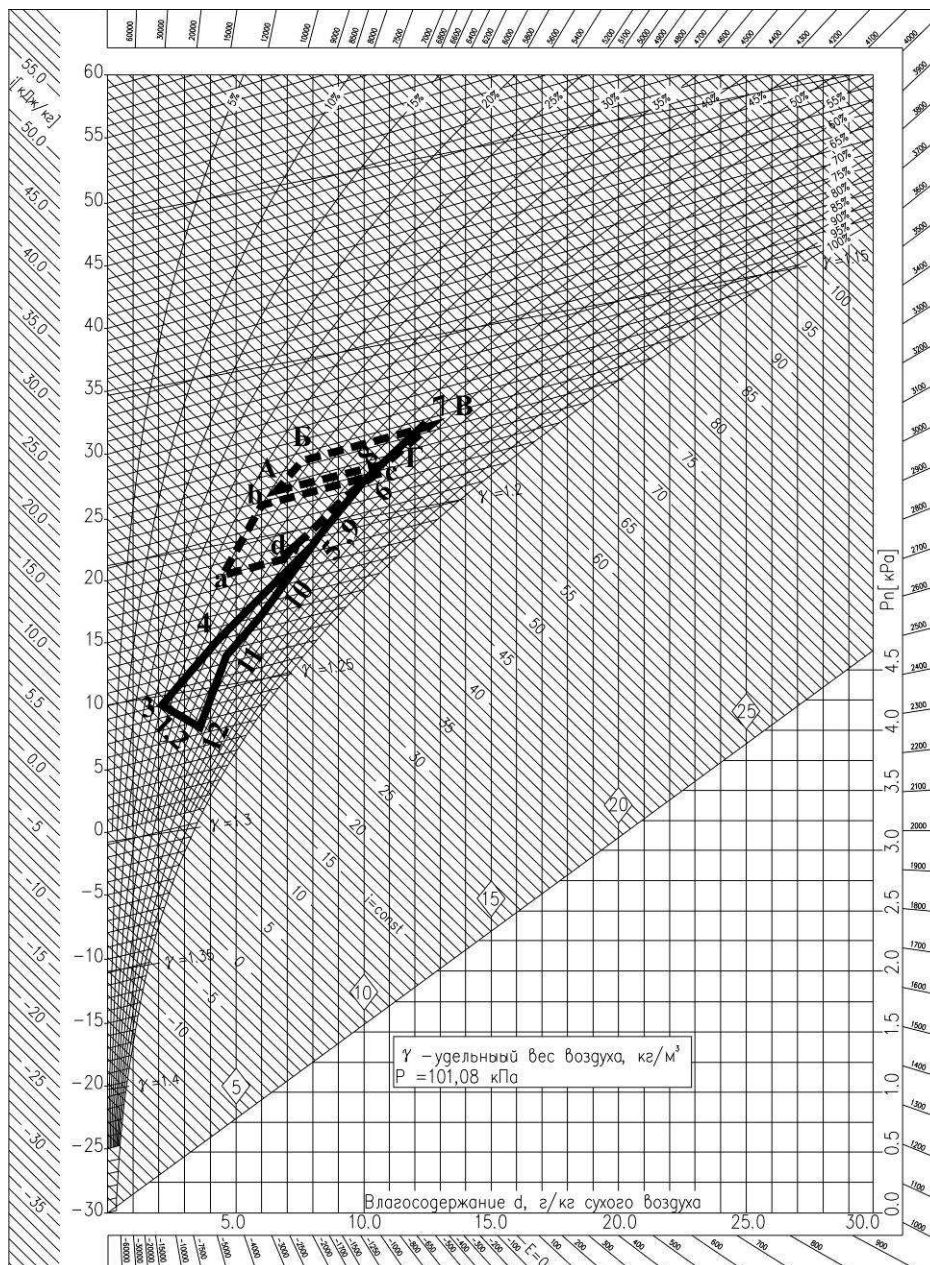


Рисунок 2 – Диаграмма ($i - d$) изменения параметров наружного воздуха в течении года

Для ускорения расчетов необходимо знать правило $3 \cdot \sigma$ для определенного периода времени и степени надежности, т.е. отрезок между t_{cp} и $t_{\max(\min)}$ делится на три равные части. Отсюда получаем значение σ .

Пример: Определение $t_{p.onm.}$ для расчета СКВ жилого особняка при $t_{cp} = 28,9^\circ\text{C}$ (июль); $t_{\max} = 30,6^\circ\text{C}$; степень надежности $P = 95$. Среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma = \frac{(t_{\max} - t_{cp})}{3} = 0,56.$$

Из таблицы 3 при $P = 0,95$, $x = 1,645$. Таким образом $t_{p.onm.} = 28,9 + 1,645 = 29,8^\circ\text{C}$.

Степень надежности определяет проектант СКВ и ТНУ, которая необязательно должна быть равна единице. Она определяется технико-экономическими расчетами относительно параметров комфортности помещения и характеристиками СКВ или ТНУ.

Расчетная формула имеет вид:

$$12 \cdot \tau_{\theta} \cdot K \cdot F_{\text{отр.}} \cdot (1 - P_i) \cdot (t_{\text{max}} - t_{\text{cp}}) / (2 \cdot C) \geq 1,1 \cdot \delta \cdot K, \quad (3)$$

где τ_{θ} – продолжительность анализируемого периода, сут.; K – коэффициент теплопередачи, Вт/(м² · град); $F_{\text{отр.}}$ – площадь наружных ограждений помещения, м²; C – стоимость 1 кДж тепла (холода) на объекте исследования, у.е.; $1,1 \cdot \delta \cdot K$ – дополнительные капиталовложения для усиления надежности в течение анализируемого периода.

При условии, когда левая часть уравнения меньше правой, то степень надежности выбрана с определенным запасом. Если наоборот, то степень надежности недостаточна.

Выбор параметров метеорологического состояния воздуха жилых и общественных помещений подчинен только задаче создания комфортного теплового ощущения человека. Примем возможное состояние людей в помещении, как спокойное или состояние при совершении незначительной физической работы. На рисунке 3 представлена наиболее благоприятная температура воздуха в зависимости от скорости воздуха.

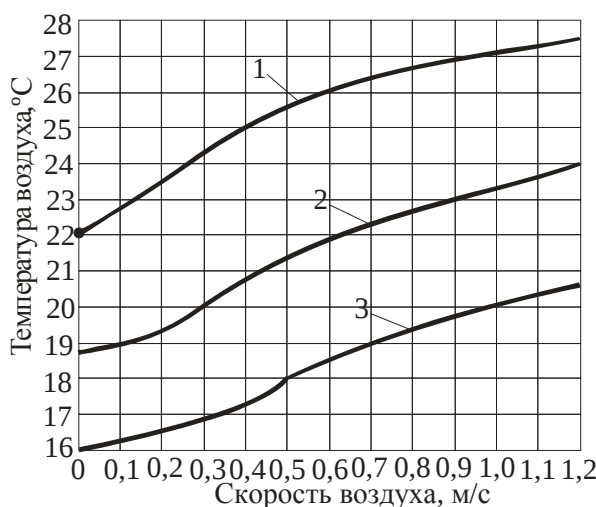


Рисунок 3 – Наиболее благоприятная температура воздуха в зависимости от скорости воздуха:

- 1 – верхняя граница зоны комфорта;
- 2 – линия комфорта (наиболее благоприятная температура);
- 3 – нижняя граница зоны комфорта

Необходимо учитывать зависимость между температурой жилых и общественных помещений и наружной температурой в теплый период года. Эта зависимость при влажности воздуха в помещении $\phi_n = 35...70\%$ представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость между температурой помещений и наружной температурой

Температура наружного воздуха, °C	10	20	25	30	35
Желаемая температура в помещении, °C	20	21	22	25	27

Для холодного периода температура воздуха помещений может находиться в пределах 19...21 °C при $\phi_n = 40...70\%$.

Зоны комфортного состояния воздуха в помещениях представлены на рисунке 2, где зона А-Б-В-Г соответствует летнему периоду, а зона а-б-с-д – зимнему периоду.

В результате анализа тепловлажностных характеристик воздушной среды жилых и общественных помещений в Севастопольском регионе, определилась возможность расчета тепловых нагрузок в летний период и потерь тепла в зимний период. Это особенно важно при выборе теплофизических и геометрических параметров СКВ и ТНУ, а также при исследовании эффективной работоспособности данных систем.

Перспективы дальнейших исследований: определение расчетных тепловлажностных характеристик позволяет экономически обосновано разработать программу расчета теплофизических параметров, обеспечивающих комфортный микроклимат жилых, общественных и производственных зданий, расположенных в севастопольском регионе.

Это дает возможность рационально разработать систему автоматического управления комфортным состоянием помещений.

Библиографический список использованной литературы

1. Стратегия развития Севастополя на 2010–2020 годы [Электронный ресурс]. — Электрон. текстовые данные. — Режим доступа: <http://vybor.sebastopol.ua/show/articles/1717>
2. Тертеров М.Н. Определение расчетной температуры наружного воздуха / М.Н. Тертеров // Холодильная техника. — 1969. — № 11. — С. 36–37.
3. Ладыженский Р.М. Кондиционирование воздуха / Р.М. Ладыженский. — М: Гостгориздат, 1962. — С. 352.

Поступила в редакцию 15.05.2012 г.

Гончар А.Б., Єфремов С.М., Ткач О.С. Аналіз тепловологівих характеристик повітря для проектування систем кондиціювання і теплових насосів

Виконано аналіз температуро-вологісних характеристик повітряного середовища в Севастопольському регіоні за 2009 р. Визначено вихідні параметри як зовнішнього повітря, так і повітря приміщень для проектування систем кондиціювання і теплових насосів, які використовуються в системі житлово-комунального господарства (ЖКГ).

Ключові слова: температура, відносна вологість, температуро-вологісна характеристика, зовнішнє повітря, комфортність, ЖКГ.

Gonchar A., Efremov S., Tkach E. Analysis of temperature-humidity descriptions of air in Sevastopol for planning and research of systems of conditioning and heat-pumps

Conducted is the analysis of temperature-humidity descriptions of air environment in the Sevastopol region after 2009. The initial parameters of both outward air and air of apartments are certain for planning of the systems of conditioning and heat-pumps, in-use in the system of housing – public estate (HPE).

Keywords: temperature, relative humidity, temperature and humidity of characteristic, outside air, comfort, utility services.