

УДК 628.854.3:628.8

БОБЫЛЕВА А.А., студент гр. ТБ-11М (НИУ «МИЭТ»)

ХАРЛАМОВ Н.Р., аспирант (НИУ «МИЭТ»)

Научный руководитель РЯБЫШЕНКОВ А.С., д.т.н., профессор (НИУ «МИЭТ»)

г. Москва

## РАСЧЁТ СИСТЕМЫ ВОЗДУХООБМЕНА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО КЛАССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ I-Д ДИАГРАММ

Обеспечение комфортного микроклимата в помещении напрямую зависит от эффективной работы СВ. Микроклимат определяется значениями температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха и барометрического давления. Изменение параметров микроклимата компьютерного класса, где у обучающихся происходят длительные интеллектуальные нагрузки, может негативно влиять на их самочувствие, снижать работоспособность, внимательность, а также вызывать различные заболевания [1].

Параметры микроклимата даны в определенном интервале значений, зависящих от вида работ (по энергозатратам) и периода времени года. Оптимальная температура для обучающихся и преподавателей различается, так как выполняется разный вид работ. Так, для обучающихся категория Ia в ТПГ оптимальная температура соответствует 23–25°C, в ХПГ – 22–24°C. Для преподавателей категория Iб в ТПГ – 22–24°C, а в ХПГ – 21–23°C [2].

Для обеспечения заданных параметров воздуха в ситуациях, когда это невозможно средствами обычной вентиляции, используется СВ с автоматическим регулированием. Ее функция – поддержание постоянных значений температуры, влажности, запыленности и подвижности воздуха внутри помещения независимо от изменений параметров наружного воздуха. Это достигается за счет комплекса устройств, осуществляющих термообработку, очистку (фильтрацию, ионизацию), увлажнение или осушение приточного воздуха.

Целью работы является рассчитать подходящую СВ, которая могла бы обеспечить наиболее продолжительную и комфортную среду для учебной нагрузки в рассматриваемом компьютерном классе вне зависимости от метеорологических условий и количества человек, при этом не требуя дополнительных экономических затрат.

Проведен расчет системы воздухообмена по теплопоступлениям, кратности воздухообмена и количеству обучающихся в компьютерном классе.

Расчет кратности воздухообмена. Это значение показывает, сколько раз в течение одного часа воздух в помещении полностью меняется на новый. Кратность воздухообмена рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{Q_{возд}}{V}, \text{ч}^{-1}, \quad (1)$$

где  $Q_{возд}$  – необходимое количество свежего воздуха в час,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $V$  – объём помещения,  $\text{м}^3$  [3].

Для расчёта вентиляции по количеству работающих можно использовать следующую формулу:

$$L = NL_{\text{норм}}, \text{м}^3/\text{ч}, \quad (2)$$

где  $N$  – количество людей в помещении, где планируется установка вентиляционного оборудования;  $L_{\text{норм}}$  – норма расхода воздуха на одного человека по СНиП,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , зависит от активности человека (отдых, работа офисная или физическая, занятие спортом) [4].

Воздухообмен по теплопоступлениям рассчитывается по формуле:

$$L = \frac{3,6 \sum Q}{c * \rho (t_{yx} - t_{hp})}, \text{м}^3/\text{ч}, \quad (3)$$

где  $c$  – теплоемкость воздуха,  $c = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\rho$  – плотность воздуха,  $\rho = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; (при температуре  $20^\circ\text{C}$  и атмосферном давлении  $101\,325 \text{ Па}$ );  $t_{yx}$  – температура воздуха, удаляемого из помещения за пределами обслуживаемой или рабочей зоны,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{hp}$  – температура приточного воздуха,  $^\circ\text{C}$  [5].

На рисунке 1 изображено рассматриваемое помещение – компьютерный класс размером  $8 \times 4 \text{ м}$  (площадь  $32 \text{ м}^2$ ) с высотой потолков  $3 \text{ м}$ .

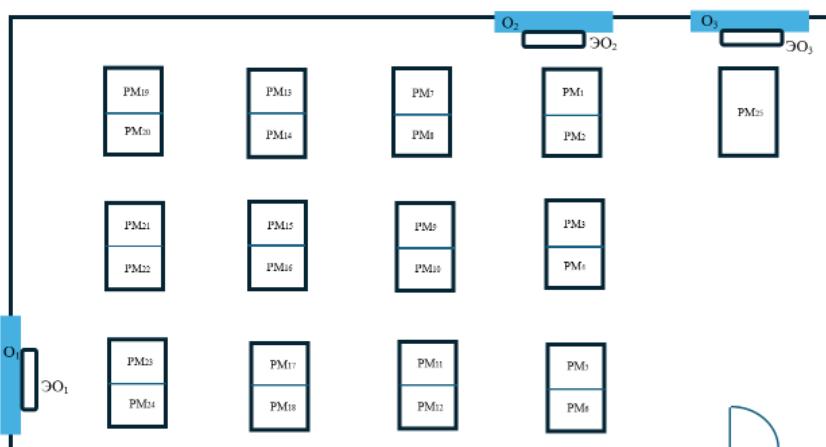


Рисунок 1. Схема компьютерного класса.

PM<sub>1</sub>-PM<sub>25</sub> – рабочие места, O<sub>1</sub>-O<sub>3</sub> – окна, ЭО<sub>1</sub>-ЭО<sub>3</sub> – элементы отопления

Имеются 3 окна площадью  $2 \text{ м}^2$  ( $1 \times 2$ ), два с северной стороны, одно с западной, имеется освещение люминесцентными лампами, а также элементы отопительной системы в виде радиатора под каждым окном. Класс рассчитан на 24 слушателя и одного преподавателя, оснащен соответствующими рабочими местами, представляющими собой сидячее место и индивидуальный компьютер. Система воздухообмена – приточно-вытяжная.

В качестве исходных данных для температур приточного воздуха и влажности атмосферного воздуха в ТПГ и ХПГ будут использовать статистические данные о метеорологических условиях в г. Зеленограде за 2024 год [6]. Для более полного представления об изменениях параметра микроклимата расчеты будут проводиться для самого холодного и самого

теплого месяца года в дневное время суток (13:00) в ситуациях, когда в кабинете присутствуют 1, 10 и 25 человек (таблица 1).

Таблица 1. Результаты расчетов

Параметр	Количество людей		
	1	10	25
Теплоприток от людей, м <sup>3</sup> /ч	100	970	2340
Кратность воздухообмена, ч <sup>-1</sup>	2	19	45
Воздухообмен по теплопоступлениям, м <sup>3</sup> /ч	ХПГ	1292	6265
	ТПГ	135	590
			1300

По результатам расчётов можно выбрать наиболее подходящую систему воздухообмена, которая способна обеспечить необходимые кратность и воздухообмен. Так как видна значительная разница показателей при разных посадках, то необходимо, чтобы система умела адаптироваться под каждую ситуацию.

Далее рассмотрен расчет с помощью i-d диаграмм влажного воздуха для компьютерного класса для ТПГ и ХПГ. Приняты внутренние параметры равными  $t_e = 23^\circ\text{C}$  при  $\varphi = 50\%$  в оба периода времени года, наружные параметры  $t_h = 26^\circ\text{C}$  при  $\varphi = 70\%$  в ТПГ,  $t_h = -9^\circ\text{C}$  при  $\varphi = 80\%$  в ХПГ.

I-d диаграммы для теплого и холодного периодов времени года приведены на рисунках 2 и 3. Точка Н соответствует пересечению показателей наружных друг с другом, точка В — внутренних. Точке О соответствует охлажденный воздух, точке П — приточный воздух, точке К — калориферный воздух.

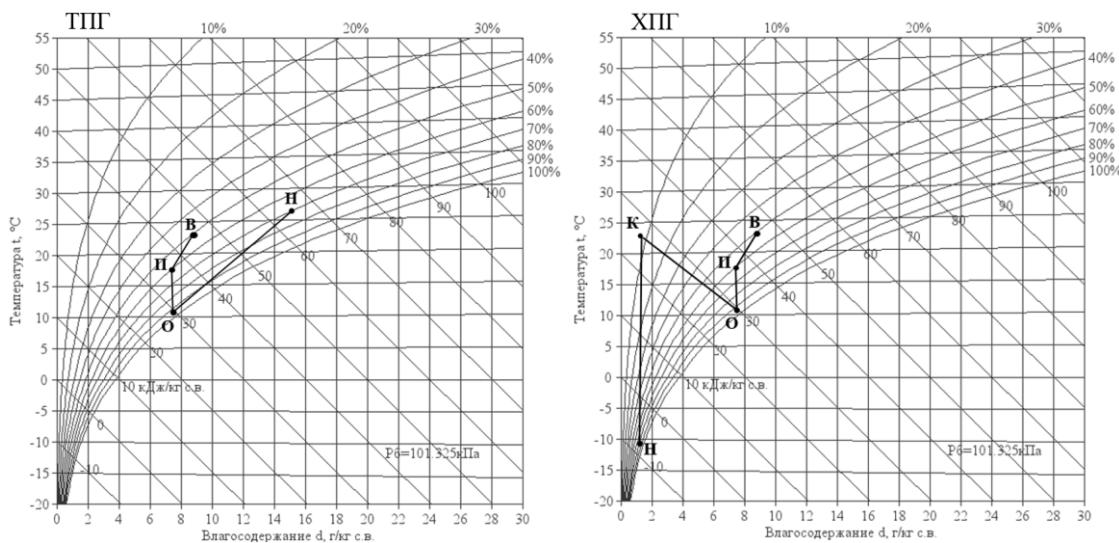


Рисунок 2. I-d диаграммы влажного воздуха в ТПГ и ХПГ

I-d диаграммы позволяют анализировать и рассчитывать процессы изменения состояния наружного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования до необходимых значений внутреннего воздуха. В зависимости от сезона задачи системы воздухообмена меняются, и диаграмма помогает оптимизировать работу оборудования: летом – правильно охлаждать и

осушать воздух, избегая переувлажнения, а зимой – эффективно нагревать и увлажнять воздух, предотвращая пересушивание.

На рисунке 4 представлена схема системы воздухообмена для рассматриваемого помещения, которая удовлетворяла всем требованиям для поддержания параметров микроклимата.

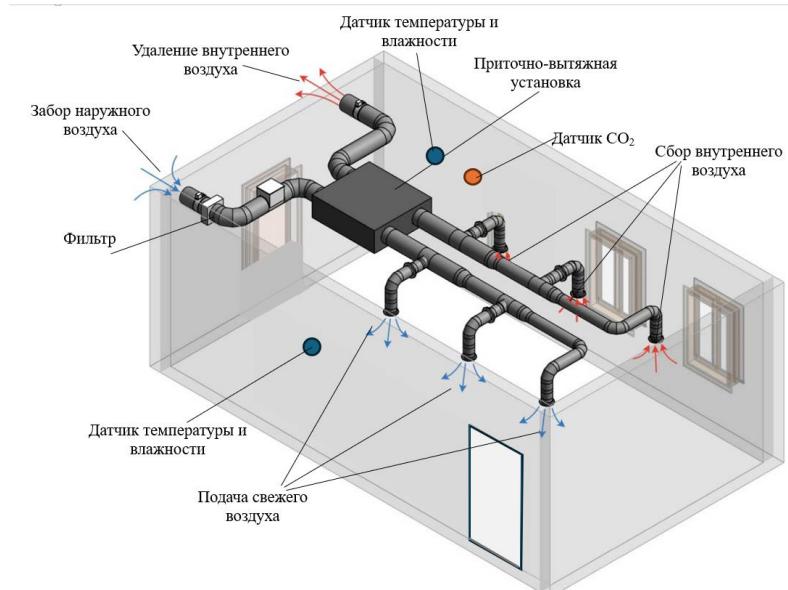


Рисунок 4. Система воздухообмена

Таким образом, разработана адаптивная система воздухообмена для компьютерного класса, обеспечивающая стабильный микроклимат при любой заполненности помещения – от 1 до 25 человек. Система обеспечивает воздухообмен в диапазоне 135-14267 м<sup>3</sup>/ч с кратностью 2-45 ч<sup>-1</sup>.

Построенные i-d диаграммы влажного воздуха, отражающие параметры СВ компьютерного класса для ТПГ и ХПГ, позволяют оперативно анализировать характеристики наружного и внутреннего воздуха. Практическая ценность работы подтверждена готовой к реализации схемой, обеспечивающей безопасные и комфортные условия труда и поддержание необходимых параметров микроклимата в компьютерном классе.

#### Список литературы:

1. Харламов, Н. Р. Обеспечение безопасных условий труда на производстве / Н. Р. Харламов, И. М. Никулина, А. С. Рябышенков // Производственные системы будущего: опыт внедрения Lean и экологических решений : Материалы международной научно-практической конференции, Кемерово, 13–14 апреля 2022 года / Под редакцией Т.В. Галаниной, М.И. Баумгартэна. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – С. 411.1-411.5.
2. СП 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». От 28.01.2021 г. (Действующий).

3. «Свод правил 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 41-01-2003». От 01.07.2021 г. (Действующий).

4. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование». От 01.01.2004 г. Действующий (редакция 2009 г.).

5. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталев, Ю. Я. Кувшинов, В. М. Копко ; под общ. ред. Б. М. Хрусталева. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2010. — 783 с. : ил., табл. : 22 см.

6. Погода в Зеленограде по месяцам в 2024 году [Электронный ресурс]. — URL: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/zelenograd/2024/> (дата обращения: 30.09.2025).

**Аннотация:** работа посвящена расчету системы воздухообмена (СВ) для компьютерного класса, обеспечивающей стабильный микроклимат при интеллектуальных нагрузках. Установлены расчетные параметры на основе метеорологических данных г. Зеленограда за 2024 год для наиболее холодного и теплого месяцев при различной заполняемости помещения – от 1 до 25 человек.

Разработана схема системы воздухообмена, позволяющая поддерживать оптимальные параметры микроклимата (температуру 22-25°C, относительную влажность 50%) при любой заполняемости помещения. Система обеспечивает воздухообмен в диапазоне от 135 до 14267 м<sup>3</sup>/ч, адаптируясь к сезонным изменениям: в теплый период времени года (ТПГ) охлаждает и осушает воздух с 26°C до 23°C, в холодный период времени года (ХПГ) нагревает с -9°C до 23°C с одновременным увлажнением.

Практическая реализация схемы способна обеспечить комфортные условия при минимальных эксплуатационных затратах, автоматически регулируя параметры воздуха в зависимости от количества людей и внешних метеорологических условий.

**Ключевые слова:** система воздухообмена, параметры микроклимата, i-d диаграммы.