

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Энский государственный архитектурно-строительный университет»
(ЭГАСУ)**

Инженерно-строительный институт
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по дисциплине «Вентиляция»

РАСЧЁТ И ПОДБОР СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ УЧЕБНОГО КЛАССА

КП–08.03.01–ТГВ–214–ПЗ

Выполнил:

студент группы ТГВ-31

А. С. Морозов

Проверил:

доцент, канд. техн. наук

Е. В. Соколова

Энск 2026

Демонстрационный образец оформления по ГОСТ 7.32. Вуз, авторы и исходные данные условные.

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка 12 с., 3 рис., 4 табл., 7 источн., 1 прил.

ВЕНТИЛЯЦИЯ, ВОЗДУХООБМЕН, УЧЕБНЫЙ КЛАСС, ДИОКСИД УГЛЕРОДА, ТЕПЛОИЗБЫТКИ, АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ, ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ УСТАНОВКА, РЕКУПЕРАЦИЯ ТЕПЛОТЫ

Объект проектирования — учебный класс № 214 общеобразовательной школы на 30 учащихся площадью 64,8 м² и объёмом 220,3 м³.

Цель работы — определить требуемый воздухообмен, разработать схему механической приточно-вытяжной вентиляции и подобрать оборудование, обеспечивающее нормируемые параметры микроклимата и качества воздуха.

В ходе работы выполнены расчёт воздухообмена по нормативному удельному расходу, по ассимиляции диоксида углерода и избытков явной теплоты, моделирование концентрации СО₂ в течение учебного дня, аэродинамический расчёт сети воздуховодов и подбор приточно-вытяжной установки.

Результаты: расчётный воздухообмен — 1 200 м³/ч (кратность 5,4 ч⁻¹); концентрация СО₂ не превышает 920 ppm при допустимых 1 050 ppm; потери давления в сети — 93 Па; мощность приточного вентилятора — 227 Вт.

Область применения — проектирование систем вентиляции учебных помещений общеобразовательных организаций.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Расчёт требуемого воздухообмена.....	5
1.1 Исходные данные.....	5
1.2 Воздухообмен по нормативному расходу и по диоксиду углерода.....	5
1.3 Воздухообмен по избыткам явной теплоты.....	6
1.3.1 Теплопоступления в тёплый период года.....	6
1.3.2 Расход воздуха для ассимиляции теплоизбытков.....	6
1.4 Расчётный воздухообмен.....	7
2 Система вентиляции.....	8
2.1 Конструктивная схема.....	8
2.2 Аэродинамический расчёт.....	8
2.3 Подбор приточно-вытяжной установки.....	9
Заключение.....	10
Список использованных источников.....	11
Приложение А Спецификация основного оборудования и материалов.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Учебные помещения относятся к наиболее плотно заполненным помещениям общественных зданий: в классе площадью 60–70 м² одновременно находятся 25–30 человек. При одном лишь проветривании на переменах концентрация диоксида углерода к концу урока нередко превышает 2 000 ppm, что снижает внимание и работоспособность учащихся. Здания с герметичными светопрозрачными конструкциями требуют организованного механического воздухообмена, а рекуперация теплоты удаляемого воздуха позволяет обеспечить его без значительного роста затрат на отопление.

Цель курсового проекта — рассчитать требуемый воздухообмен учебного класса и подобрать систему механической приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающую допустимые параметры микроклимата и качества воздуха.

Для достижения цели решены следующие задачи:

- определены расчётные параметры наружного и внутреннего воздуха;
- рассчитан воздухообмен по нормативному удельному расходу, по ассимиляции диоксида углерода и избытков явной теплоты;
- выполнено моделирование концентрации CO₂ в течение учебного дня;
- разработана схема системы и выполнен аэродинамический расчёт воздуховодов;
- подобраны приточно-вытяжная установка и воздухораспределители.

1 Расчёт требуемого воздухообмена

1.1 Исходные данные

Учебный класс № 214 школы в г. Энске имеет размеры $9,0 \times 7,2$ м и высоту 3,4 м: площадь 64,8 м², объём 220,3 м³. В классе 30 учащихся и преподаватель; три окна $1,8 \times 2,1$ м ориентированы на юго-запад. Режим работы — с 8:30 до 14:10, шесть уроков по 45 мин.

Параметры наружного воздуха приняты по СП 131.13330.2020 [1], внутреннего — по ГОСТ 30494-2011 [2] для помещений категории 2 (умственный труд, учёба) и СП 2.4.3648-20 [3] (таблица 1).

Таблица 1 — Расчётные параметры наружного и внутреннего воздуха

Период года	Наружный воздух		Внутренний воздух		
	t_n , °C	I_n , кДж/кг	t_v , °C	t_{opt} , °C	ϕ_v , %
Тёплый (параметры А)	22,8	49,6	24	23–25	30–60
Переходный	10,0	26,5	20	19–21	30–45
Холодный (параметры Б)	–25,0	–24,6	20	19–21	30–45

1.2 Воздухообмен по нормативному расходу и по диоксиду углерода

Минимальный расход наружного воздуха по удельной норме на одного человека, м³/ч, определяют по формуле

$$L_n = N \cdot l \quad (1)$$

где N — число людей в помещении, $N = 31$ чел.;

l — удельный расход наружного воздуха (по заданию), 20 м³/(ч·чел.).

$$L_n = 31 \cdot 20 = 620 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход наружного воздуха для ассимиляции диоксида углерода, выделяемого людьми, м³/ч, вычисляют по формуле [4]

$$L_{CO_2} = \frac{G}{c_v - c_n} \quad (2)$$

где G — выделение CO₂ людьми: 30 учащихся по 18 л/ч и преподаватель 25 л/ч, $G = 565$ л/ч;

c_v — допустимая концентрация CO₂ для класса 2 [2], 1,05 л/м³;

c_n — концентрация CO_2 в наружном воздухе, 0,45 л/м³.

$$L_{\text{CO}_2} = 565 / (1,05 - 0,45) = 942 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

1.3 Воздухообмен по избыткам явной теплоты

1.3.1 Теплопоступления в тёплый период года

Наибольшие теплоизбытки — в тёплый период учебного года (май, сентябрь) при полной наполняемости и солнечной радиации; теплопоступления определены по [4] (таблица 2).

Таблица 2 — Теплопоступления в учебный класс в тёплый период года

Источник теплоты	Расчёт	Q , Вт
Учащиеся (явная теплота)	30×60	1 800
Преподаватель	1×85	85
Освещение светодиодное	$64,8 \times 7$	454
Оборудование (панель, ПК)	$250 + 150$	400
Солнечная радиация через окна	$11,34 \times 180 \times 0,42$	857
Теплопоступления через наружную стену	по расчёту	120
Итого избытки явной теплоты $Q_{\text{изб}}$		3 716

1.3.2 Расход воздуха для ассимиляции теплоизбытков

В тёплый период приточный воздух охлаждается в секции охлаждения установки до $t_n = 16$ °С. Температуру удаляемого воздуха, °С, определяют по формуле

$$t_y = t_{p.z} + \text{grad } t \cdot (H - h_{p.z}) \quad (3)$$

где $t_{p.z}$ — температура воздуха в рабочей зоне, 24 °С;

$\text{grad } t$ — градиент температуры по высоте помещения, 0,8 °С/м;

H — высота помещения, 3,4 м;

$h_{p.z}$ — высота рабочей зоны для сидящих людей, 1,5 м.

$$t_y = 24 + 0,8 \cdot (3,4 - 1,5) = 25,5 \text{ °С}.$$

Расход приточного воздуха для ассимиляции избытков явной теплоты, м³/ч,

$$L_Q = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{изб}}}{c \cdot \rho \cdot (t_y - t_n)} \quad (4)$$

где $Q_{\text{изб}}$ — избытки явной теплоты, Вт (таблица 2);

c — удельная теплоёмкость воздуха, 1,005 кДж/(кг·°С);

ρ — плотность воздуха, 1,2 кг/м³;

t_n — температура приточного воздуха, °С.

$$L_Q = 3,6 \cdot 3\,716 / (1,005 \cdot 1,2 \cdot (25,5 - 16)) = 1\,168 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

1.4 Расчётный воздухообмен

Расход по нормативной норме — 620 м³/ч, по CO₂ — 942 м³/ч, по теплоизбыткам — 1 168 м³/ч (определяющий). Принят расход притока и вытяжки $L = 1\,200 \text{ м}^3/\text{ч}$: 5,4 ч⁻¹, 39 м³/ч на человека. По балансу CO₂ концентрация в течение дня не превышает 920 ppm; без механической вентиляции (проветривание на переменах, инфильтрация 0,5 ч⁻¹) она достигает 2 900 ppm (рисунок 1).

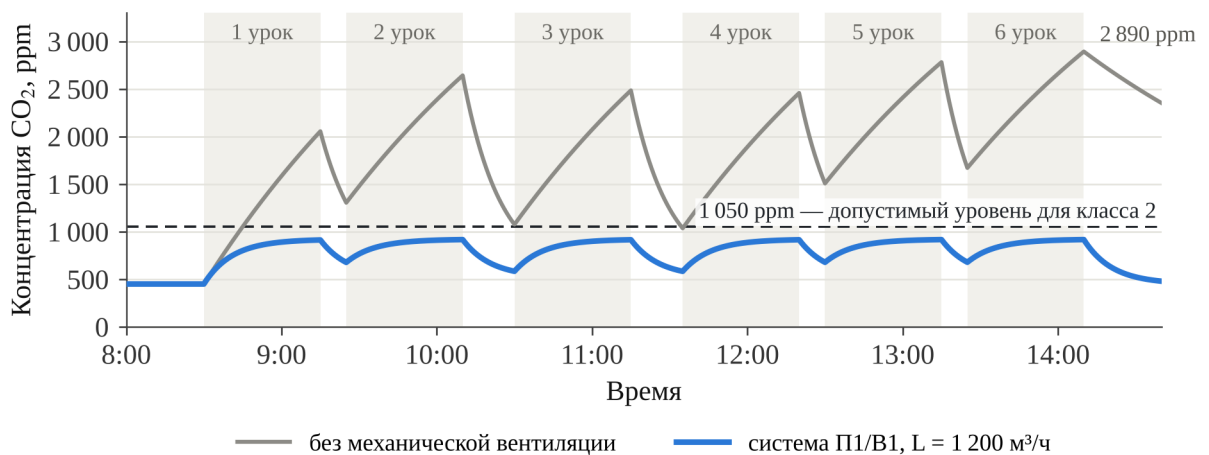


Рисунок 1 — Концентрация CO₂ в учебном классе в течение учебного дня

2 Система вентиляции

2.1 Конструктивная схема

Принята система П1/В1 по СП 60.13330.2020 [5] с установкой ПВУ-1 за потолком коридора: четыре диффузора по 300 м³/ч, три вытяжные решётки, огнезадерживающие клапаны (рисунок 2; обозначения по ГОСТ 21.602-2016 [6]).

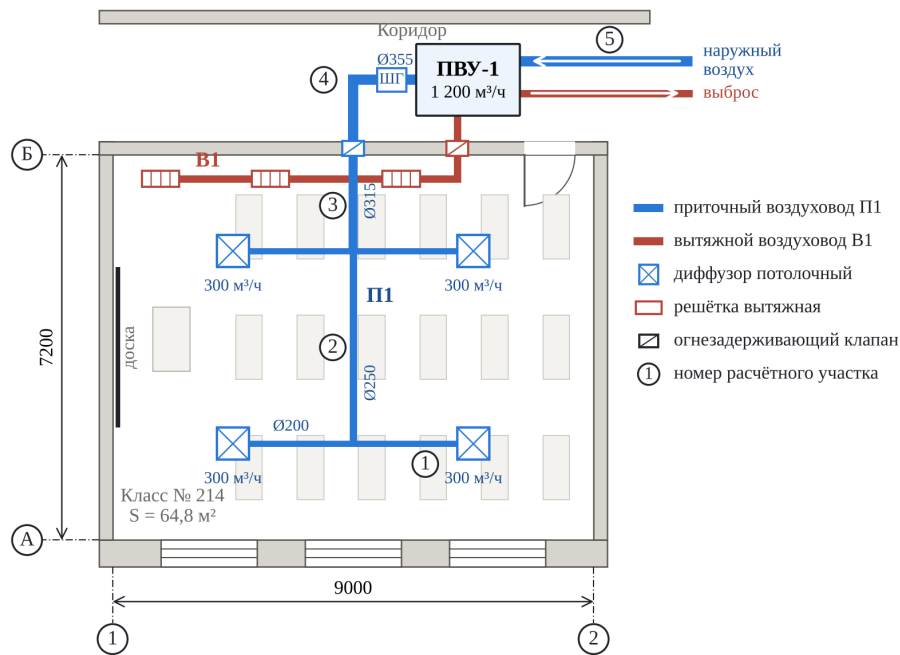


Рисунок 2 — Схема системы вентиляции П1/В1, план

2.2 Аэродинамический расчёт

Расчёт выполнен методом удельных потерь давления [7] для магистрали от наиболее удалённого диффузора до воздухозаборной решётки. Потери давления на участке, Па,

$$\Delta P = R \cdot l + \sum \zeta \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (5)$$

где R — удельные потери давления на трение (формула Альтшуля), Па/м;

l — длина участка, м;

$\sum \zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений участка;

v — скорость воздуха на участке, м/с.

Результаты расчёта приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Аэродинамический расчёт приточной системы П1

№ уч.	L , м³/ч	l , м	d , мм	v , м/с	R , Па/м	$R \cdot l$, Па	$\Sigma \zeta$	p_d , Па	Z , Па	$R \cdot l + Z$, Па	Σ , Па
1	300	3,2	200	2,65	0,52	1,65	7,65	4,22	32,30	33,95	33,9
2	600	3,6	250	3,40	0,61	2,19	0,35	6,92	2,42	4,61	38,6
3	1 200	2,2	315	4,28	0,69	1,53	0,70	10,98	7,68	9,21	47,8
4	1 200	3,0	355	3,37	0,39	1,16	3,15	6,80	21,44	22,60	70,4
5	1 200	5,5	355	3,37	0,39	2,13	3,00	6,80	20,41	22,54	92,9

Потери в сети П1 — 93 Па, требуемый напор с запасом 10 % — 102 Па.

2.3 Подбор приточно-вытяжной установки

Подобрана установка ПВУ-1 с рекуператором (эффективность 75 %), нагревателем 3,7 кВт, охладителем и фильтрами G4/F7: 1 200 м³/ч при свободном напоре 200 Па. Рабочая точка достигается снижением частоты вращения ЕС-вентилятора до 86 % (рисунок 3).

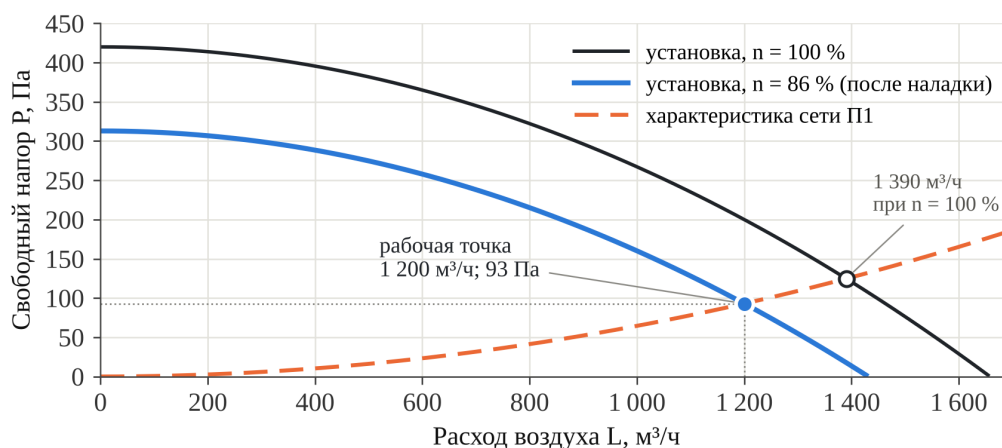


Рисунок 3 — Характеристики установки ПВУ-1 и сети П1

Мощность, потребляемая приточным вентилятором, Вт,

$$N = \frac{L \cdot P}{3600 \cdot \eta} \quad (6)$$

где L — расход воздуха, м³/ч;

P — полное давление: сеть и элементы установки, $P = 93 + 330 = 423$ Па;

η — КПД вентилятора с ЕС-двигателем, 0,62.

$$N = 1\,200 \cdot 423 / (3600 \cdot 0,62) = 227 \text{ Вт.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовом проекте выполнены расчёт и подбор системы вентиляции учебного класса № 214 на 30 учащихся. Основные результаты:

- требуемый воздухообмен определяется ассимиляцией теплоизбытков тёплого периода и составляет 1 168 м³/ч; к проектированию принято 1 200 м³/ч (кратность 5,4 ч⁻¹, 39 м³/ч на человека);

- при расчётном воздухообмене концентрация СО₂ не превышает 920 ppm, что соответствует классу 2 по ГОСТ 30494-2011; без механической вентиляции она достигает 2 900 ppm;

- потери давления в сети П1 составляют 93 Па, требуемый свободный напор с запасом — 102 Па;

- подобрана приточно-вытяжная установка производительностью 1 200 м³/ч с рекуператором эффективностью 75 %; мощность приточного вентилятора — 227 Вт, водяного нагревателя — 3,7 кВт.

Принятые решения обеспечивают нормируемые параметры микроклимата и качества воздуха и могут быть использованы при проектировании вентиляции типовых учебных помещений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 131.13330.2020. Строительная климатология : свод правил : утверждён приказом Минстроя России от 24.12.2020 № 859/пр : дата введения 2021-06-25. – Доступ из информ.-справ. системы «Техэксперт». – Текст : электронный.

2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях : межгосударственный стандарт : дата введения 2013-01-01. – Доступ из информ.-справ. системы «Техэксперт». – Текст : электронный.

3. СП 2.4.3648-20. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи : санитарные правила : утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28. – Доступ из информ.-справ. системы «Техэксперт». – Текст : электронный.

4. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 1 / В. Н. Богословский, А. И. Пирумов, В. Н. Посохин [и др.] ; под редакцией Н. Н. Павлова, Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1992. – 319 с. – Текст : непосредственный.

5. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : свод правил : утверждён приказом Минстроя России от 30.12.2020 № 921/пр : дата введения 2021-07-01. – Доступ из информ.-справ. системы «Техэксперт». – Текст : электронный.

6. ГОСТ 21.602-2016. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования : межгосударственный стандарт. – Доступ из информ.-справ. системы «Техэксперт». – Текст : электронный.

7. Тихомиров, К. В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция : учебник для вузов / К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 1991. – 480 с. – Текст : непосредственный.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Спецификация основного оборудования и материалов

Таблица А.1 — Спецификация оборудования и материалов системы П1/В1

Поз.	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Ед. изм.	Кол.	Примечание
1	Установка приточно-вытяжная с пластинчатым рекуператором ($\eta = 75\%$), водяным нагревателем 3,7 кВт, фреоновым охладителем, фильтрами G4/F7; $L = 1\,200\text{ м}^3/\text{ч}$, $P_{\text{св}} = 200\text{ Па}$	ПВУ-1200-ЕС	компл.	1	За подшивным потолком коридора
2	Диффузор потолочный четырёх-сторонний 600×600 мм, $L = 300\text{ м}^3/\text{ч}$	ДП-600	шт.	4	
3	Решётка вытяжная 400×200 мм с регулятором расхода	РВ-400×200	шт.	3	
4	Клапан огнезадерживающий нормально открытый EI 60, Ø 355 и Ø 315	КОЗ-EI60	шт.	2	В стене коридора
5	Шумоглушитель трубчатый Ø 355, $l = 900\text{ мм}$	ШТ-355/900	шт.	2	Приток и вытяжка
6	Клапан дроссельный Ø 200	ДК-200	шт.	4	Увязка ответвлений
7	Воздуховод круглый из оцинкованной стали $\delta = 0,5\text{ мм}$, Ø 200	—	м	9,0	
8	То же, Ø 250	—	м	3,6	
9	То же, Ø 315	—	м	8,4	Включая вытяжку
10	То же, $\delta = 0,55\text{ мм}$, Ø 355	—	м	14,0	
11	Отвод 90°, Ø 200...355	—	шт.	10	
12	Тройник с переходом, Ø 315/200, Ø 250/200	—	шт.	4	
13	Решётка наружная воздухозаборная с сеткой 500×300 мм	РН-500×300	шт.	2	Забор и выброс
14	Изоляция воздуховодов наружного воздуха и выброса, вспененный каучук $\delta = 13\text{ мм}$	—	м ²	11,5	
15	Комплект автоматики: контроллер, датчик CO ₂ , датчики температуры, привод воздушного клапана	—	компл.	1	Регулирование по CO ₂