

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНЫХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ПРИМЕРЕ ПОМЕЩЕНИЙ ОФИСНОГО ЦЕНТРА В Г. ТОБОЛЬСКЕ

Т. С. Жилина¹, С. Д. Вяткина¹, Ю. С. Ульянова²

¹ Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

² ООО «Штат», Тюмень, Россия

EXPERIENCE IN DESIGNING THE SUPPLY-AND-EXHAUST VENTILATION SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF THE PREMISES OF THE OFFICE CENTER IN TOBOLSK

Tatyana S. Zhilina¹, Svetlana D. Viatkina¹, Yulya S. Ulyanova²

¹ Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

² LLC "Shtat", Tyumen, Russia

Аннотация. В данной статье авторами рассмотрены примеры проектирования и сравнения приточной, вытяжной и приточно-вытяжной систем вентиляции в отдельных помещениях офисного центра в городе Тобольске. Рассмотрены преимущества устройства приточно-вытяжных установок с рекуператором тепла в помещениях с избытками теплоты. Приведены расчетные схемы двух вариантов систем вентиляции: автономной и приточно-вытяжной. Выполнены аэродинамические расчеты систем вентиляции и представлены в виде таблиц. Проведено технико-экономическое сравнение варианта системы вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором и варианта без него. Подобрано вентиляционное оборудование. Сделан вывод о целесообразности использования варианта проектирования

Abstract. The article reviews examples of design and comparison of supply, exhaust and supply-and-exhaust ventilation systems in particular rooms of the office center in the city of Tobolsk. The advantages of the device of supply-and-exhaust units with a heat recovery in rooms with excess heat are considered. The design schemes of two variants of ventilation systems are given: autonomous and supply-and-exhaust. Aerodynamic calculations of ventilation systems were performed and presented in the form of tables. A technical and economic comparison of the version of the ventilation system with a plate heat recovery and the version without it was carried out. The ventilation equipment was selected. Summing up the results, it can be concluded that it is advisable to use the option of designing a supply-and-exhaust ventilation system with a plate heat recovery.

системы приточно-вытяжной вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором. В статье рассмотрены методы рекуперации тепловой энергии в системах вентиляции приточно-вытяжного действия в отдельных помещениях офисного центра, которые значительно сокращают потребление тепло- и электроэнергии. Конструкции с рекуператором тепла исключают лишние расходы на обогрев наружного воздуха. В связи с постоянным увеличением тарифов на основные энергоресурсы рекуперация воздуха становится необходимой и применяется при проектировании систем вентиляции.

Ключевые слова: системы вентиляции, приточно-вытяжные установки, рекуперация, процесс теплообмена, утилизация теплоты

Besides, the authors consider the methods of heat energy recovery in the supply-and-exhaust ventilation systems in particular office premises, which significantly reduce the consumption of thermal and electrical energy. Designs with a heat recovery eliminate unnecessary costs for heating the outside air. Due to the constant increase in tariffs for basic energy resources, air recovery becomes necessary and uses in the design of ventilation systems.

Key words: ventilation systems, supply-and-exhaust units, recuperation, heat exchange process, heat recovery

Для цитирования: Жилина, Т. С. Опыт проектирования приточно-вытяжных систем вентиляции на примере помещений офисного центра в г. Тобольске / Т. С. Жилина, С. Д. Вяткина, Ю. С. Ульянова. – DOI 10.31660/2782-232X-4-60-72. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 4 (102). – С. 60-72.

For citation: Zhilina, T. S., Viatkina, S. D., & Ulyanova, Yu. S. (2022). Experience in designing the supply-and-exhaust ventilation systems on the example of the premises of the office center in Tobolsk. Architecture, Construction, Transport, (4(102)), pp. 60-72. (In Russian). DOI 10.31660/2782-232X-4-60-72.

Введение

Рост цен на энергоносители и переход стран мира на путь рационального использования энергетических ресурсов обуславливает необходимость поиска и реализации более эффективных решений по использованию тепловой энергии в системах теплогазоснабжения и вентиляции зданий и сооружений. В настоящее время широкое применение нашли приточно-вытяжные вентиляционные системы с утилизацией теплоты удаляемого воздуха при помощи встроенного рекуператора.

Под рекуперацией понимается процесс утилизации тепла внутреннего воздуха для нагрева приточного наружного воздуха. В отношении теплообменных реакций рекуперация характеризуется как частичный возврат энергии, затраченной на проведение технологического действия, с целью при-

менения в этом же процессе. Конструкция рекуперационного теплообменника разработана с целью утилизации тепла через его стенки, т. е. чтобы приточные и вытяжные потоки воздуха находились в отдельных отсеках и не смешивались [1].

Объект и методы исследования

В данной статье авторами рассмотрены примеры проектирования и сравнения приточной, вытяжной и приточно-вытяжной систем вентиляции в отдельных помещениях офисного центра в городе Тобольске. Система вентиляции воздуха является одной из основных инженерных систем зданий. Она обеспечивает воздухообмен в помещениях и создает здоровый микроклимат. Пластинчатый рекуператор, применяемый в системах вентиляции, является самым распространенным и производится в нашей стране [2].

Традиционно проектирование систем вентиляции для новых объектов включает приточные и приточно-вытяжные установки, вытяжные вентиляторы или вытяжные установки. Свежий воздух, поступающий в помещения здания, необходим для жизнедеятельности человека. Создание комфортных условий в помещениях зданий осуществляется системами отопления и вентиляции, и приточно-вытяжная система вентиляции является очень важной. Она совмещает в себе функции вытяжных и приточных установок.

Назначение приточных систем заключается в обеспечении бесперебойной подачи очищенного в фильтрах наружного воздуха в помещения в регламентируемых объемах. Вытяжные вентиляционные системы – установки для выброса загрязненного воздуха из помещений за пределы здания.

Использование приточно-вытяжной установки вызвано необходимостью поддержания и регулирования воздушного теплового баланса (обеспечивается циркуляция воздушных потоков в помещении) и контроля за чистотой подаваемого воздуха (обеспечивается несколькими степенями фильтрации) [3].

Одна из формул, по которым рассчитывается температурный показатель с учетом КПД прибора:

$$t = \text{КПД} \cdot (t_1 - t_2) + t_2, \quad (1)$$

где t_1 – внутренняя температура помещения, °С;
 t_2 – наружная температура, °С.

То есть, если при наружной температуре воздуха 0 °С и внутренней температуре в помещении плюс 22 °С, эффективность составляет 75 %, то температура воздуха, исходящего из рекуператора: $t = 0,75 \cdot (22 - 0) + 0 = 16,5$ °С.

Так как теплопотери помещений в реальности различны, этот показатель будет меньше – приблизительно плюс 15 °С [4].

При выборе рекуператора обязательно учитывают свободный напор вентиляторов, а благодаря наличию автоматики и возможности подключения к ней, опциональных компонентов можно значительно понизить эксплуатационные издержки и добиться максимального комфорта при работе оборудования [5, 6].

В статье рассмотрены два варианта проектирования систем вентиляции ряда помещений офисного центра: 1) автономные системы: приточная (П1) и вытяжная (В1); 2) приточно-вытяжная система (ПВ1) с рекуперацией тепла.

Для сравнения были выбраны помещения с явными выделениями тепла и влаги, так как офисные помещения обслуживаются стандартными системами вентиляции.

Организация принудительной приточно-вытяжной (ПВ) вентиляции позволяет комплексно решать вопросы управления микроклиматом зданий и помещений и предполагает точный поградусный температурный контроль, высокую степень очистки входного потока и соотношение входящего и исходящего из помещения воздуха 50/50.

Главное преимущество использования систем с рекуперацией заключается в снижении эксплуатационных расходов за счет значительного сокращения требуемой тепловой мощности для нагрева приточного воздуха [3].

Климатические данные объекта в г. Тобольске (СП 131.13330.2020¹):

- температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 – минус 39 °С;
- средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха – минус 7,8 °С;
- продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха – 232 суток;
- температура воздуха теплого периода года обеспеченностью 0,95 – плюс 23 °С.

¹ Строительная климатология = Building climatology : СП 131.13330.2020 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 24 декабря 2020 г. № 859/пр : введен в действие 25 июня 2021 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (дата обращения: 05.10.2022).

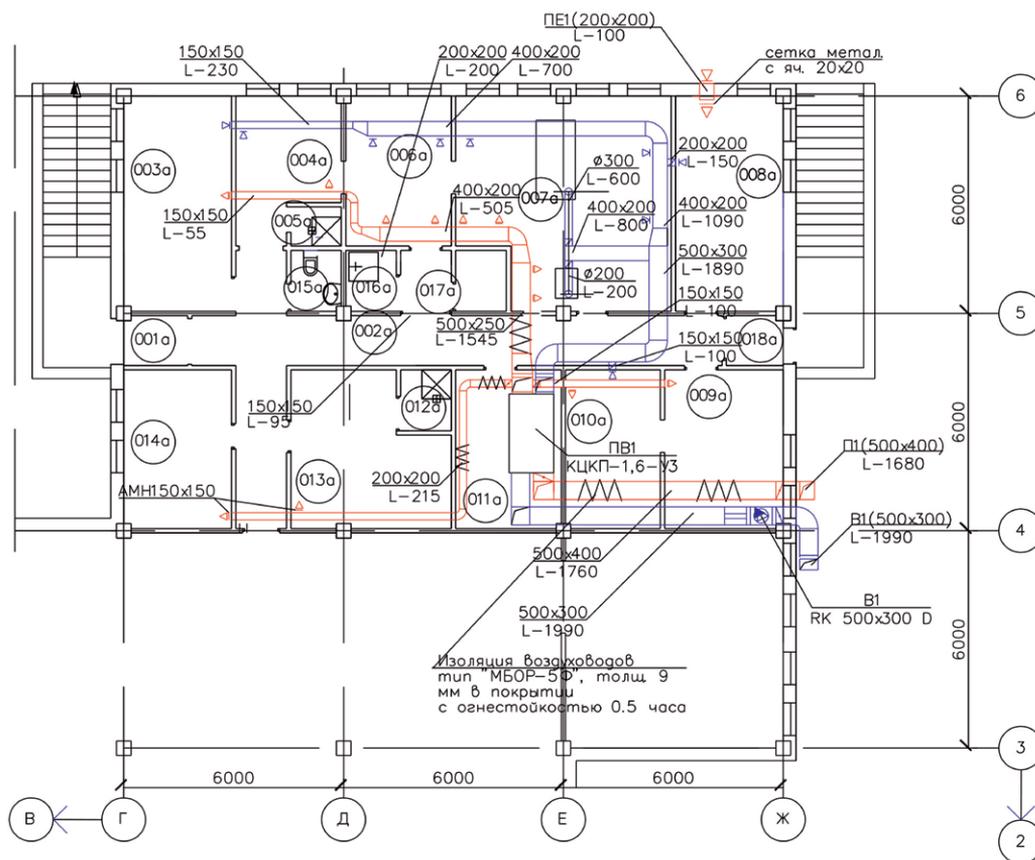


Рис. 1. Фрагмент плана цокольного этажа на отметке -3.300 в осях Г-Ж, 3-6

Управление ПВ установками осуществляется пультами дистанционного управления, с их помощью регулируются основные параметры систем: переключение между стандартными значениями параметров, переход на режим автоматической настройки; установка ограничения по влажности воздуха; регулировка требуемой внутренней температуры воздуха; переключение в

режим приточной или вытяжной установки, регулировка скорости вентилятора [7].

На рис. 1 приведен фрагмент плана цокольного этажа здания офисного центра на отметке -3.300 в осях Г-Ж, 3-6 с системами вентиляции.

При определении расчетных параметров внутреннего воздуха помещений использованы данные СП 60.13330.2020², ГОСТ 30494-2011³,

² Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха = Heating, ventilation and air conditioning : СП 60.13330.2020 : утверждено приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 декабря 2020 г. № 921/пр : введен в действие 01 июля 2021 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573697256> (дата обращения: 05.10.2022).

³ ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях = Residential and public buildings. Microclimate parameters for indoor enclosures : межгосударственный стандарт : введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 191-ст взамен ГОСТ 30494-96 : дата введения 2013-01-01 : разработан ОАО «СантехНИИпроект», ОАО «ЦНИИПромзданий». – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения: 05.10.2022).

СТРОИТЕЛЬСТВО/CONSTRUCTION

ГОСТ 12.1.005-88⁴ (расчетные температуры внутреннего воздуха в помещениях приведены в таблице 1).

Параметры наружного и внутреннего воздуха рассчитаны по трем периодам года (параметры наружного воздуха приведены в таблицах 2, 3):

- для теплого периода года температура наружного воздуха равна температуре воздуха, °С, обеспеченностью 0,95; влажность относительная – средней месячной относительной влажности воздуха наиболее теплого месяца, %.

Барометрическое давление принято по теплому периоду года (принято таким же для остальных периодов).

- для холодного периода года температура наружного воздуха равна температуре воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92; влажность относительная – средней месячной относительной влажности воздуха наиболее холодного месяца, %. Остальные параметры приняты по i-d диаграмме.

Таблица 1

Расчетные температуры внутреннего воздуха в помещениях, обслуживаемых системами П1, В1

№ помещения	Наименование помещения	S, м ²	t _{вн} , °С
Цокольный этаж			
003a	Помещение приема и разборки белья	16,6	18
004a	Помещение замачивания и кипячения белья	9,1	18
006a	Стиральный цех	10,9	18
007a	Сушильно-гладильный цех	30,1	15
008a	Помещение мелкого ремонта и утюжки	15,1	16
009a	Помещение сестры-хозяйки	12,1	18
010a	Материальная	8	16
013a	Помещение персонала	14,2	16
014a	Помещение администрации	12,1	16

Таблица 2

Параметры наружного воздуха в районе застройки (г. Тобольск)

Периоды года	Температура t _н , °С	Влажность d, г/кг	Относительная влажность φ, %	Энтальпия I, кДж/кг	Барометрическое давление, Па
Холодный	-39	0,2	81	-39,2	101 000
Переходный	10	6,5	86	26,5	
Теплый	23	12,5	71	55	

⁴ ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны = Occupational safety standards system. General sanitary requirements for working zone air : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 г. № 3388 взамен ГОСТ 12.1.005-76 : дата введения 1989-01-01 : разработан и внесен Министерством здравоохранения СССР, Всесоюзным Центральным Советом Профессиональных Союзов. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 05.10.2022).

Таблица 3

**Параметры внутреннего воздуха
в отдельных помещениях офисного центра**

Период года	Температура, °С	Скорость движения воздуха, м/с, не более	Относительная влажность φ, %
Холодный	18	0,2	43
Переходный	20	0,3	53
Теплый	27	0,5	60

Результаты

Расчет требуемого воздухообмена в помещениях, обслуживаемых системами П1, В1 (таблица 4), производится по кратности (СП 44.13330.2011⁵, СП 118.13330.2012⁶), м³/ч:

$$L = k \cdot V_{\text{пом}} \quad (2)$$

где k – нормативная кратность воздухообмена;
 $V_{\text{пом}}$ – объем помещения, м³.

Таблица 4

Воздухообмен в помещениях, обслуживаемых системами П1, В1

№ помещения	Наименование помещения	Размеры помещения				Кратность воздухообмена		Воздухообмен, м ³ /ч		Номер вентиляционной системы	
		a , м	b , м	h , м	V , м ³	+	-	+	-	+	-
003а	Помещение приема и разборки белья	2,8	6	3,3	55	1	2	55	110	П1	В1
004а	Помещение замачивания и кипячения белья	2,4	3,7	3,3	29,3	3	4	90	120	П1	В1
006а	Помещение хранения моющих средств	3,8	2,8	3,3	36,1	10	13	360	470	П1	В1
007а	Стиральный цех	5,1	6,2	3,3	104,3	10	10	1040	1040	П1	В1
008а	Сушильно-гладильный цех	5,1	3	3,3	50	2	3	100	150	П1	В1
009а	Помещение мелкого ремонта и утюжки	4,4	2,1	3,3	30,5	1,5	-	60	-	П1	-
010а	Материальная	4,4	1,8	3,3	26,6	1,5	3	40	100	П1	В1
013а	Помещение персонала	4,4	3,3	3,3	47,5	2	-	95	-	П1	-
014а	Помещение администрации	4,4	2,8	3,3	40	3	-	120	-	П1	-

⁵ Административные и бытовые здания = Office and social buildings : СП 44.13330.2011 : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 782 : введен в действие 20 мая 2011 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084087> (дата обращения: 05.10.2022).

⁶ Общественные здания и сооружения = Public buildings and works : СП 118.13330.2012 : утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/10 : введен в действие 01 января 2013 г. : внесено и утверждено изменение № 1 приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 августа 2014 г. № 438/пр : введено в действие 1 сентября 2014 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092705> (дата обращения: 05.10.2022).

На основании требований справочной литературы и СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий⁷ выполнен аэродинамический расчет для определения сечений воздуховодов и давления, создаваемого вентиляционной установкой.

Вариант 1. П1 – приток в рассматриваемые помещения цокольного этажа; В1 – удаление воздуха из рассматриваемых помещений цокольного этажа. Расчетные аксонометрические схемы систем В1 и П1 представлены на рис. 2, 3. Данные аэродинамических расчетов сведены в таблицу 5.

Таблица 5

Аэродинамический расчет систем П1 и В1

№ участка	Расход L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка l , м	Стандартная площадь сечения $f_{\text{станд}}$, м^2	Размеры сечения $A \times B$, \varnothing , мм	Фактическая скорость воздуха на участке $V_{\text{факт}}$ м/с	Динамическое давление $P_{\text{дин}}$, Па	Сопротивление R , Па/м	Сумма местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\Delta P_{\text{м.с.}}$, Па	Расчетное давление $\Delta P_{\text{расч}}$, Па
В1										
1	230	1,7	0,0225	150 × 150	2,84	4,89	0,84	3,6	17,6	19,0
2	700	4,4	0,08	400 × 200	2,43	3,58	0,31	3,76	13,5	14,9
3	860	6,7	0,08	400 × 200	2,99	5,41	0,45	4,88	26,4	29,4
4	150	0,4	0,04	200 × 200	2,34	3,32	0,42	1,8	6,0	6,2
5	1090	2,5	0,08	400 × 200	3,78	8,69	0,69	2,77	24,1	25,8
6	600	2,4	0,071	∅300	2,36	3,37	0,25	4,41	14,8	15,5
7	200	1,7	0,03	∅200	2,27	3,13	0,39	3,7	11,6	12,3
8	800	2,6	0,08	400 × 200	2,78	4,7	0,39	1,2	5,6	6,7
9	1890	1,6	0,15	500 × 300	4,50	12,28	0,62	2,08	25,5	26,6
10	100	3,1	0,0225	150 × 150	2,23	3,02	0,55	8,22	24,8	26,5
11	1990	14,4	0,15	500 × 300	5,09	15,71	0,78	4,50	70,7	81,9
П1										
1	55	1,6	0,0225	150 × 150	3,68	8,2	1,35	1,8	14,8	16,9
2	505	5,4	0,08	400 × 200	3,75	8,5	0,68	8,13	69,3	73
3	1545	6,4	0,125	500 × 250	4,43	11,9	0,69	8,64	103	107
4	215	11,9	0,04	200 × 200	3,49	7,4	0,86	8,08	59,7	69,9
5	100	3,7	0,0225	150 × 150	3,23	6,33	1,07	7,62	48,2	52,1
6	1760	13,6	0,15	500 × 300	4,26	11,01	0,56	10,35	114	121,5

⁷ Внутренние санитарно-технические системы зданий = Internal sanitary-technical systems : СП 73.13330.2016 : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 30 сентября 2016 г. № 689/пр : введен в действие 1 апреля 2017 г. – Текст : электронный // docs.cntd.ru : сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456029018> (дата обращения: 05.10.2022).

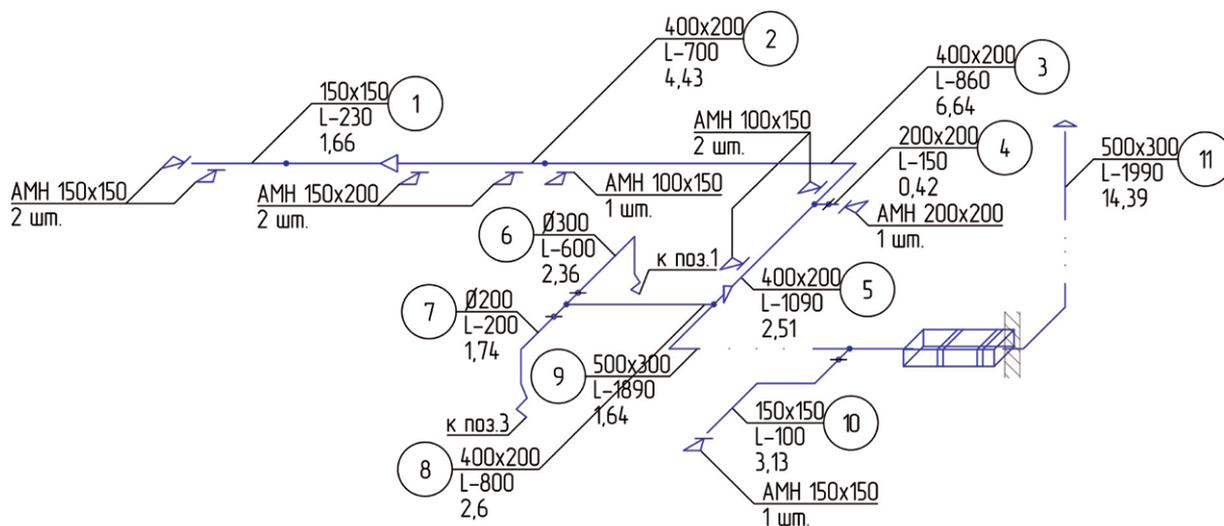


Рис. 2. Расчетная схема системы В1

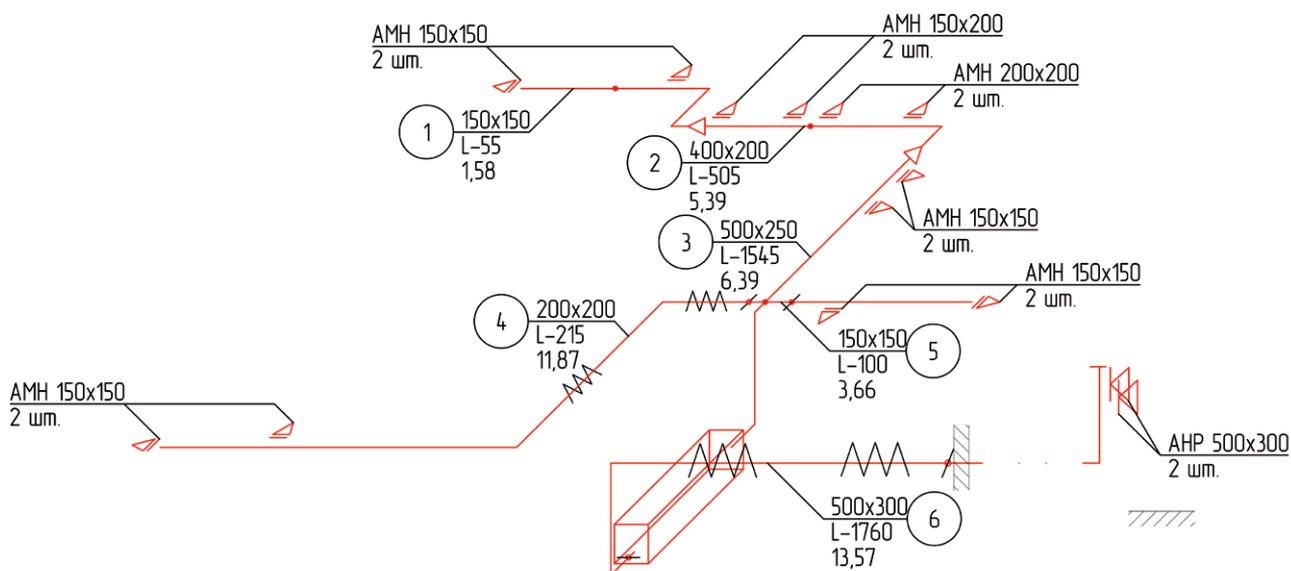


Рис. 3. Расчетная схема системы П1

Исходные данные для подбора вентиляционного оборудования: величины расхода и давления (запас на потери давления в воздуховодах – 10–15 %).

Система П1: кондиционер центральный кардано-панельный – КЦКП-1,6-УЗ.

Система В1:

- производительность вентилятора, м³/ч:

$$L_{\text{вент}} = 1,1 \cdot L_{\text{сисм}}, \quad (3)$$

- давление, развиваемое вентилятором, Па:

$$P_{\text{вент}} = 1,1 \cdot (P_z + P_{\text{св}} + P_{\text{шв}}), \quad (4)$$

где P_z – сопротивление зонта, Па;
 $P_{\text{св}}$ – сопротивление сети воздуховодов, Па;
 $P_{\text{шв}}$ – сопротивление шахты вытяжной, Па.

К установке принят канальный осевой вентилятор (В1): RK600×300D.

Наименование вентиляционного оборудования (вариант 1) приведено в таблице 7.

Вариант 2. Аэродинамический расчет precisely-вытяжной системы с пластинчатым теп-

СТРОИТЕЛЬСТВО/CONSTRUCTION

лоутилизатором ПВ1 произведен аналогично аксонометрическая схема ПВ1 представлена на предыдущем расчету (таблица 6). Расчетная рис. 4.

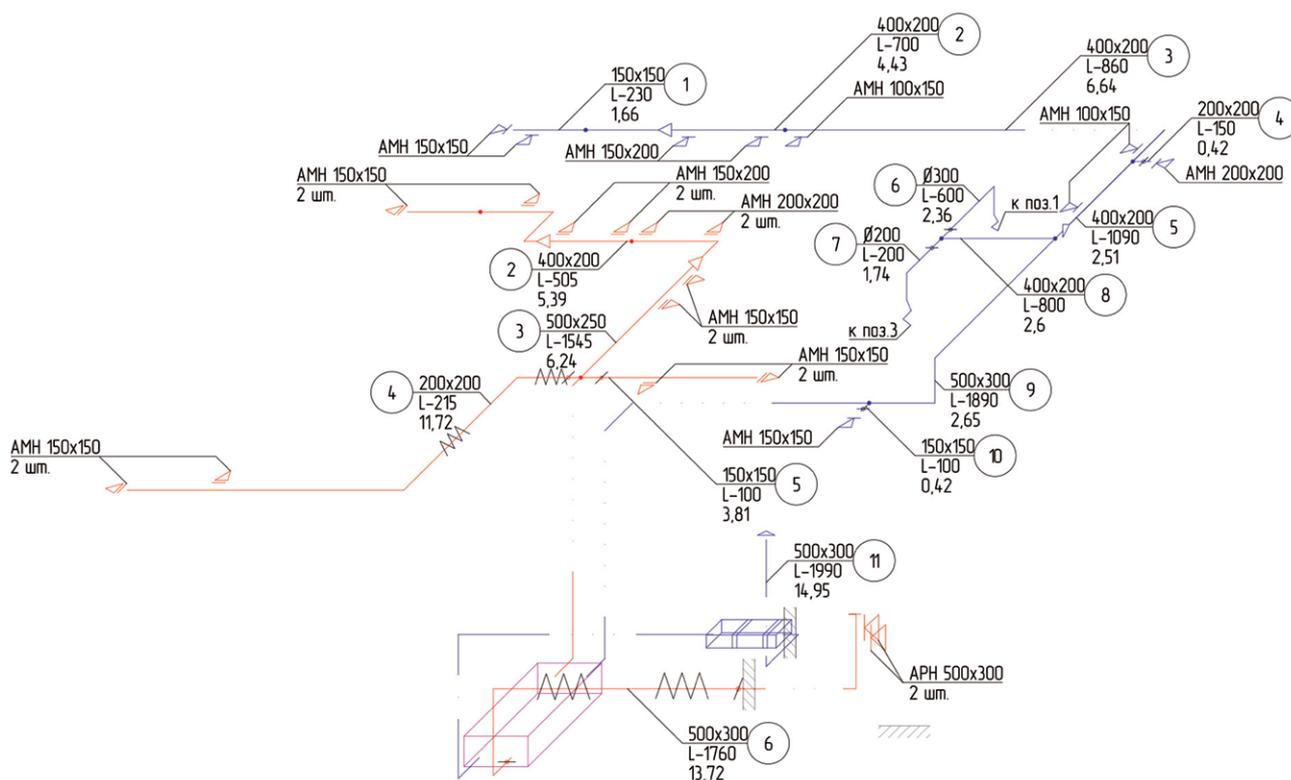


Рис. 4. Расчетная схема системы ПВ1

Таблица 6

Аэродинамический расчет системы ПВ1

№ участка	Расход L , $M^3/ч$	Длина участка l , м	Стандартная площадь сечения, $f_{станд}$, M^2	Размеры сечения $A \times B$, ϕ , мм	Фактическая скорость воздуха на участке $V_{факт}$, м/с	Динамическое давление $P_{дин}$, Па	Сопротивление R , Па/м	Сумма местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\Delta P_{м.с.}$, Па	Расчетное давление $\Delta P_{расч}$, Па
ПВ1										
П1										
1	55	1,6	0,0225	150 × 150	3,68	8,21	1,35	1,8	14,8	16,9
2	505	5,4	0,08	400 × 200	3,75	8,53	0,68	8,13	69,3	73,0
3	1 545	6,3	0,125	500 × 250	4,43	11,9	0,698	8,64	102,9	107,2
4	215	11,7	0,04	200 × 200	3,49	7,39	0,856	8,1	59,7	69,7
5	100	3,8	0,0225	150 × 150	3,23	6,33	1,066	7,6	48,3	52,3
6	1 760	13,7	0,15	500 × 300	4,26	11,01	0,56	10,4	113,9	121,6

№ участка	Расход L , $\text{м}^3/\text{ч}$	Длина участка l , м	Стандартная площадь сечения, $f_{\text{станд}}$, м^2	Размеры сечения $A \times B$, \varnothing , мм	Фактическая скорость воздуха на участке $V_{\text{факт}}$, м/с	Динамическое давление $R_{\text{дин}}$, Па	Сопротивление R , Па/м	Сумма местных сопротивлений $\Sigma \xi$	$\Delta P_{\text{м.с.}}$, Па	Расчетное давление $\Delta P_{\text{расч}}$, Па
В1										
1	230	1,7	0,0225	150 × 150	2,84	4,89	0,84	3,6	17,6	19,0
2	700	4,4	0,08	400 × 200	2,43	3,58	0,31	3,76	13,5	14,9
3	860	6,6	0,08	400 × 200	2,99	5,41	0,45	4,88	26,4	29,4
4	150	0,4	0,04	200 × 200	2,34	3,32	0,42	1,8	6,0	6,2
5	1 990	2,5	0,08	500 × 300	3,78	8,69	0,692	2,77	24,1	25,8
6	600	2,4	0,07069	$\varnothing 300$	2,36	3,37	0,254	4,4	14,9	15,5

Произведен подбор вентиляционного оборудования системы В1:

- П1 – кондиционер центральный каркасно-панельный – КЦКП-1,6-У3;
- вытяжной вентилятор.

Подбор канального вентилятора: осевой вентилятор подбирается по сводным графикам, в результате чего КПД вентилятора должно быть в пределах 10 % от максимального КПД (формулы (2), (3)). К установке принят канальный вентилятор: RK500×300D.

Подбор пластинчатого теплоутилизатора: исходные данные для подбора подразумевают учет обязательных и дополнительных параметров. Обязательные параметры приточного и вытяжного воздуха: расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; температура на входе в теплоутилизатор, $^{\circ}\text{C}$; влажность относительная на входе в теплоутилизатор, %. Дополнительные параметры: атмосферное давление; температура на выходе из теплоутилизатора; ожидаемая эффективность; максимально допустимое падение давления в теплообменнике, Па.

По результатам расчета к установке принят: пластинчатый теплоутилизатор PWT25/400/520-5.5-120; $G_k = 9,6 \text{ кг/ч}$; $Q_t = 15,8 \text{ кВт}$; КПД = 51 %.

Наименование вентиляционного оборудования (вариант 2) приведено в таблице 8.

Принцип работы рекуператора в приточно-вытяжной установке В1 связан с теплообменом

между потоками приточного и вытяжного воздуха. В данном случае ход теплообмена может осуществляться постоянно – через стенки теплообменника, с поддержкой хладона либо переходного теплоносителя. Таким образом выбрасываемый вытяжной воздух охлаждается, нагревая тем самым чистый приточный воздух [8].

Затраты на реализацию объекта с системой вентиляции с рекуперацией энергии выше, так как стоимость такой установки больше стоимости обычной приточно-вытяжной установки. Однако в дальнейшем данные затраты окупаются за счет экономии энергии на объекте. Кроме того, эти системы более рентабельны и в экстремальных климатических условиях [3].

Экономичность систем вентиляции обусловлена стоимостью материалов, оборудования, сборки, эксплуатации. Показатели экономичности: технологичность конструкции, масса элементов, затраты труда, сроки изготовления, сроки монтажа, расходы на наладку, управление и ремонт. При проведении технико-экономического сравнения различных проектных решений (стоимости системы вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором и без него) выявляется экономический эффект.

Авторами было проведено технико-экономическое сравнение установок (варианты 1, 2) систем вентиляции (таблицы 7, 8).

Таблица 7

Расчет стоимости систем вентиляции (вариант 1, системы П1, В1) (в ценах 2021 г.)

Наименование оборудования	Цена за 1 шт., руб.	Кол-во, шт.	Цена, руб.
Блок воздухоприемный РЕГУЛЯР-0325-0575-Н-П-05-00-00-У3	9 985,00	2,00	19 970,00
Фильтр карманный ФВК-63-360-6-G4	1 500,00	1,00	1 500,00
Воздухонагреватель жидкостный ВНВ243.1-043-030-04-4,0-24-2	46 898,00	1,00	46 898,00
Кондиционер центральный каркасно-панельный КЦКП-1,6-У3	43 665,00	1,00	43 665,00
Шумоглушитель 3×100 мм, 500 мм	7 500,00	1,00	7 500,00
Вентилятор RK600×300D	69 416,00	1,00	69 416,00
ИТОГО			188 949,00

Таблица 8

Расчет стоимости систем вентиляции (вариант 2, система ПВ1) (в ценах 2021 г.)

Наименование оборудования	Цена за 1 шт., руб.	Кол-во, шт.	Цена, руб.
Передняя панель с клапаном РЕГУЛЯР-0325-0575-Н-П-02-00-00-У3	5 750,00	2,00	11 500,00
Фильтр карманный ФВК-63-360-6-G4	1 500,00	1,00	1 500,00
Воздухонагреватель жидкостный ВНВ243.1-043-030-03-4,0-18-4	17 785,00	1,00	17 785,00
Теплоутилизатор пластинчатый PWT25/400/520-5.5-120	32 943,00	1,00	32 943,00
Воздухонагреватель жидкостный ВНВ243.1-043-030-01-3,0-06-4	14 363,00	1,00	14 363,00
Кондиционер центральный каркасно-панельный КЦКП-1,6-У3	43 665,00	1,00	43 665,00
Шумоглушитель 3×100 мм, 500 мм	7 500,00	1,00	7 500,00
Вентилятор RK500×300D	54 091,00	1,00	54 091,00
ИТОГО			183 347,00

Выводы

Приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией – оптимальный способ добиться качественной циркуляции воздуха и сэкономить на отоплении и электроэнергии.

Сравнив затраты на оборудование, можно сделать вывод, что целесообразнее использовать вариант проектирования системы приточно-вытяжной вентиляции с пластинчатым теплоутилизатором. Данное решение можно объяснить тем, что за счет работы рекуператора уменьшается потребность в воздухонагревателе. Вместо одной ступени подогрева необработанного приточного воздуха возникают две – до системы рекуперации и доподогрев после нее.

Также за счет видоизменения трассы вентиляционной системы на объекте уменьшилось давление на вытяжной вентилятор, вследствие чего был подобран вентилятор меньшей мощности [9].

Приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла – это современное инженерное решение задачи воздухообмена и сохранения тепла в помещениях. Благодаря применению таких систем можно добиться значительного сокращения затрат на обслуживание объекта [10].

Подобное техническое решение уже стало строительным стандартом во многих странах и закреплено на законодательном уровне [2]. Кроме того, повышение энергетической эффективности

является одним из приоритетов государственной политики в области энергосбережения.

В нашей стране целесообразность применения систем с рекуперацией тепла обосновывается целым рядом причин, в первую очередь ростом цен на все виды энергоносителей. К основным

причинам также можно отнести ограничения на установленную мощность (например, в центральных районах больших городов), а также введение новых стандартов и технических требований при проектировании, изготовлении и использовании энергосберегающего оборудования.

Библиографический список

1. Мысовских, П. В. Особенности применения систем рекуперации тепла в системах вентиляции общественных зданий / П. В. Мысовских, И. Н. Петриков. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2021. – № 9 (351). – С. 17–19.
2. Сафронов, К. Л. Обзор необходимых параметров для подбора вентиляции с рекуперацией / К. Л. Сафронов, В. Н. Астапов. – Текст : непосредственный // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. – С. 106.
3. Энергоэффективная система вентиляции с применением системы рециркуляции воздуха. – Текст : электронный // Инженерные системы и технологии : сайт. – URL: <https://ultrasale.ru/articles/energoeffektivnaya-sistema-ventilyacii-s-primeneniem-sistemy-recirkulyacii-vozdukha> (дата обращения: 07.10.2022).
4. Лучшие рекуператоры 2022 года для дома, офиса, квартиры: описание, преимущества, установка. – Текст : электронный // Совет инженера: интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения : сайт. – 2022. – Июль. – URL: <https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/luchshij-rekuperator.html> (дата обращения: 09.10.2022)
5. Энергоэффективные системы вентиляции здания с рекуперацией тепла / Д. Г. Шувалов, О. Ж. Турков, Д. А. Кругликов [и др.]. – Текст : непосредственный // Сантехника, отопление, кондиционирование. – 2018. – № 9 (201). – С. 80–86.
6. Самые эффективные виды вентиляции, недостатки и преимущества вентиляционных систем. – Текст : электронный // HouseChief : сайт. – URL: <https://housechief.ru/vidy-ventilyacii-nedostatki-i-preimushhestva-ventilyacionnykh-sistem.html> (дата обращения: 05.10.2022).
7. Приточно-вытяжные установки – описание, виды и применение. – Текст : электронный // ПанорамаВент : сайт. – URL: <https://panoramavent.ru/poleznye-stati/pritochno-vytyazhnye-ustanovki-opisanie-vidi-i-primenenie> (дата обращения: 09.10.2022).
8. Пуклич, А. И. Сравнительный анализ систем рекуперации в системах вентиляции / А. И. Пуклич, И. А. Поль, В. В. Малых. – Текст : электронный // Синергия Наук : электронный журнал. – 2018. – № 23. – С. 1269–1273. – URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article2327> (дата обращения: 08.10.2022).
9. Рекуперация тепла. – Текст : электронный // Тепло Heat : сайт. – URL: <https://www.teplo-heat.ru/tekhnologii/2-rekuperatsiya-tepla> (дата обращения: 06.10.2022).
10. Приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла: виды и преимущества. – Текст : электронный // Geothermal : сайт. – URL: <https://geothermal54.ru/stati/pritochno-vytyazhnaya-ventilyatsiya-s-rekuperatsiey-tepla-vidy-i-preimushchestva> (дата обращения: 10.10.2022).

References

1. Mysovskikh, P. V., & Petrikov, I. N. (2021). Osobennosti primeneniya sistem rekuperatsii tepla v sistemakh ventilyatsii obshchestvennykh zdaniy. *Molodoy uchenyy*, (9(351)), pp. 17-19. (In Russian).
2. Safronov, K. L., & Astapov, V. N. (2018). Review of the necessary parameters for the selection of ventilation with recuperation. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik*, (6), p. 106. (In Russian).

3. Energoeffektivnaya sistema ventilyatsii s primeneniem sistemy retsirkulyatsii vozdukha. Inzhenernye sistemy i tekhnologii. (In Russian). Available at: <https://ultrasale.ru/articles/energoeffektivnaya-sistema-ventilyatsii-s-primeneniem-sistemy-recirkulyatsii-vozdukha> (accessed 07.10.2022).
4. Luchshie rekuperatory 2022 goda dlya doma, ofisa, kvartiry: opisanie, preimushchestva, ustanovka. (2022). Sovet inzhenera: internet-entsiklopediya po obustroystvu setey inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniya. (In Russian). Available at: <https://sovet-ingenera.com/vent/oborud/luchshij-rekuperator.html> (accessed 09.10.2022).
5. Shuvalov, D. G., Turkov, O. Zh., Kruglikov, D. A., Sultanguzin, I. A., & Rudomazin, V. V. (2018). Energoeffektivnye sistemy ventilyatsii zdaniya s rekuperatsiyey tepla. Plumbing, Heating, Air-conditioning, (9(201)), pp. 80-86. (In Russian).
6. Samye effektivnye vidy ventilyatsii, nedostatki i preimushchestva ventilyatsionnykh sistem. (2020). HouseChief. (In Russian). Available at: <https://housechief.ru/vidy-ventilyatsii-nedostatki-i-preimushchestva-ventilyatsionnykh-sistem.html> (accessed 05.10.2022).
7. Pritочно-вытяжные установки – описание, виды и применение. PanoramaVent. (In Russian). Available at: <https://panoramavent.ru/poleznye-stati/pritочно-вытяжные-установки-описание-виды-и-применение> (accessed 09.10.2022).
8. Puklich, A. I., Pol, I. A., & Malykh, V. V. (2018). Comparative analysis of recovery systems in ventilation systems. Sinergiya Nauk, (23), pp. 1269–1273. (In Russian). Available at: <http://synergy-journal.ru/archive/article2327> (accessed 08.10.2022).
9. Rekuperatsiya tepla. Teplo Heat. (In Russian). Available at: <https://www.teplo-heat.ru/tekhnologii/2-rekuperatsiya-tepla> (accessed 06.10.2022).
10. Pritочно-вытяжная вентиляционная система с rekuperatsiyey tepla: vidy i preimushchestva. Geotermal. (In Russian). Available at: <https://geotermal54.ru/stati/pritочно-вытяжная-вентиляционная-система-s-rekuperatsiyey-tepla-vidy-i-preimushchestva> (accessed: 10.10.2022).

Сведения об авторах

Жилина Татьяна Семеновна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: zhilinats@tyuiu.ru

Вяткина Светлана Дмитриевна, старший преподаватель кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: vjatkinasd@tyuiu.ru

Ульянова Юлия Сергеевна, заместитель генерального директора ООО «Штат», Тюмень, e-mail: viatkina.87@mail.ru

Information about the authors

Tatyana S. Zhilina, Candidate in Engineering, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: zhilinats@tyuiu.ru

Svetlana D. Vyatkina, Senior Lecturer at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: vjatkinasd@tyuiu.ru

Yulia S. Ulyanova, Deputy General Director of LLC "Shtat", Tyumen, e-mail: viatkina.87@mail.ru