

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр инженерного оборудования

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Современные системы обеспечения микроклимата зданий и сооружений

(направленность (профиль)/специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Обеспечение микроклимата в здании бассейна  
в г. Тольятти

Студент

Н.Н. Панфилова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

канд. техн. наук, доцент, М.Н. Кучеренко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные .....	6
1.1 Климатические параметры района расположения объекта .....	6
1.2 Параметры внутреннего микроклимата здания .....	7
1.3 Характеристика технологических процессов в представленном здании	9
1.4 Архитектурно-планировочное представление объекта .....	10
1.5 Сведения об источниках теплоснабжения, параметрах теплоносителей систем отопления и вентиляции .....	10
2 Аналитический обзор.....	12
2.1 Анализ нормативных документов .....	12
2.2 Патентный поиск.....	15
2.2.1 Описание предмета патентного поиска .....	16
2.2.2 Формирование цели исследования.....	18
2.2.3 Определение категории объекта.....	18
2.2.4 Определение стран проверки .....	19
2.2.5 Выявление технических особенностей объекта.....	19
2.2.6 Определение классификационных рубрик МПК.....	19
2.2.7 Выбор источников информации .....	20
2.2.8 Установление глубины поиска .....	20
2.2.9 Регламент поиска .....	20
2.2.10 Выбор патентно-технической документации.....	21
2.2.11 Анализ патентной документации по теме «Крытый плавательный бассейн г. Тольятти» .....	24
2.2.12 Выводы и рекомендации .....	25
3 Тепловая защита здания .....	26
3.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций .....	26
3.1.1 Теплотехнический расчет наружных стен.....	27
3.1.2 Теплотехнический расчет внутренних стен .....	30
3.1.3 Теплотехнический расчет оконных проемов .....	32

3.1.4 Теплотехнический расчет наружных дверей .....	32
3.1.5 Теплотехнический расчет чаши бассейна .....	33
3.1.6 Перекрытие – пол над подвалом .....	34
4 Системы обеспечения микроклимата .....	44
4.1 Отопление .....	44
4.1.1 Обоснование принятых систем и принципиальных решений по отоплению .....	44
4.1.2 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления .....	46
4.1.3 Расчет воздушно-тепловой завесы .....	51
4.2 Вентиляция .....	52
4.2.1 Расчет воздухообменов.....	59
4.2.2 «Определение воздухообмена по кратности .....	63
4.2.3 Аэродинамический расчет систем вентиляции.....	65
4.2.4 Расчет и подбор оборудования .....	72
5 Автоматизация.....	75
6 Технико-экономический расчет.....	77
Заключение .....	80
Список используемых источников.....	82

## Введение

**Актуальность работы.** Основная задача деятельности нашего объекта (бассейна) является оздоровительной. Обучение плаванию – это необходимый жизненно важный навык всех людей.

Задачи оздоровительного плавания:

1. Прививание детям и взрослым жизненно необходимых качеств и навыков по освоению водной среды.
2. Профилактика заболеваний (сердечно-сосудистой и нервной систем).
3. Профилактика и коррекция нарушений опорно-двигательных функций, так как плавание обеспечивает естественное расслабление (разгрузку) позвоночника и одновременно тренирует мышцы спины.
4. Способствование развитию и закаливанию организма.
5. Поддержка и интерес сохранения здоровья как у детей, так и взрослых.

Для выполнения этих задач нам необходимо создать в бассейне такие условия, чтобы его посетителям было комфортно в нем находиться и без вреда для здоровья. Для этого мы должны обеспечить наше здание хорошим, современным микроклиматом.

То есть **целью** проекта является проектирование комфортного современного обеспечения микроклимата в здании крытого плавательного бассейна.

Для выполнения этой цели, должны быть выполнены такие задачи как:

1. Обеспечение параметров воздуха, согласно нормативным документам.
2. Обеспечение параметров воздуха вблизи некоторых элементов ограждающих конструкций (в частности для предотвращения конденсации влаги и сохранения их внешнего вида).
3. Рационализация потребления энергоресурсов.

4. Анализ нормативно-технической документации по проектированию бассейнов.

5. Теплотехнический расчет здания бассейна.

6. Проектирование систем обеспечения микроклимата здания крытого плавательного бассейна в г. Тольятти.

**Метод исследования:** при выполнении поставленных задач, были использованы методы исследования технико-нормативной документации, а также аналитический метод исследования.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что запроектированные системы обеспечения микроклимата в здании бассейна, создадут комфортные, безопасные условия для пребывания в бассейне людей и справятся с основной задачей объекта – оздоровление людей.

**Апробация работы:**

1. Эффективность обеспечения параметров микроклимата во входной зоне общественного здания / Анциферов С.А., Кучеренко М.Н., Панфилова Н.Н. // Экология и безопасность жизнедеятельности : сборник статей XIX Международной научно-практической конференции (Пенза, 10–11 декабря 2019 г.). – Пенза : ПГАУ, 2019. – С. 6-10.

2. Особенности применения рекуператоров при обеспечении микроклимата в бассейнах / Кучеренко М.Н., Панфилова Н.Н. // Сборник студенческих работ «Студенческие дни науки в ТГУ». – Тольятти : ТГУ, 2021.

Объем и структура диссертации: выпускная квалификационная работа (магистерская диссертация) на тему «Обеспечение микроклимата в здании бассейна в г. Тольятти» состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованных источников из 43 наименований. Работа изложена на 85 листах машинописного текста, графическая часть магистерской диссертации представлена на 11 листах.

## 1 Исходные данные

### 1.1 Климатические параметры района расположения объекта

Климатические параметры для наружного воздуха в г. Тольятти приняты по Своду правил [33] и представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Климатические параметры наружного воздуха в г. Тольятти

Наименование района расположения объекта	Бараметрическ. давление, гПа	Парам-ры	Темп-ра воздуха, °С	Скорость ветра, м/с	Уд. энтальпия, кДж/кг	Период года
Город Тольятти, Самарская область	995	А	-30	5,4	-29,8	Холодный
		Б	28,5	3,2	52,8	Теплый

**Для холодного периода года параметры наружного воздуха принимаем по СП [33].**

Район строительства: Самарская область.

Ориентация главного фасада здания бассейна: на юг.

– средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92:  $t_H = -30^\circ\text{C}$ ;

– средняя месячная температура наружного воздуха за январь:  $t_I = -13,5^\circ\text{C}$ ;

– средняя температура наружного воздуха в отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха меньше  $8^\circ\text{C}$ :  $t_{OT} = -5,2^\circ\text{C}$ ;

– продолжительность отопительного периода:  $Z_{OT} = 203$  сут.;

– средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца:  $\varphi = 84\%$ ;

– максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь:  
 $v=5,4$  м/с;

– зона влажности района строительства определяем по своду правил:  
зона сухая [30];

– географическая широта:  $53,2$  °с.ш.

**Для теплого периода года параметры наружного воздуха также принимаем по СП [33].**

– температура наружного воздуха с обеспеченностью  $0,95$ :  $t_{н}=28,5$ °С;

– средняя месячная относительная влажность наиболее теплого месяца:  $\varphi=63\%$ ;

– минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль:  $v=2,3$  м/с.

– средняя амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле:  $A_t=12,8$ °С.

– Условия эксплуатации ограждающих конструкций при нормальном режиме помещений и сухой зоне влажности строительства – «А», согласно СП [37, табл. 2].

При теплотехническом расчете ограждающих конструкций залов бассейнов относительную влажность следует принимать равной  $67\%$ , а внутреннюю температуру на  $1-2$  °С выше температуры воды в бассейне[35].

## **1.2 Параметры внутреннего микроклимата здания**

Согласно ГОСТу [14] в здании бассейна располагаются помещения 4-ой категории для занятий «подвижными видами спорта, 5-ой категории (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей) и 6-ой категории (вестибюли, коридоры, гардеробные, лестницы, санузлы)»[17].

Параметры воздуха внутри помещения (Таблица 1.2) определяем согласно нормативных документов СП [37], СанПин [27], СНиП [28, табл.44].

Таблица 1.2 – Параметры внутреннего микроклимата

Номер помещения	Наименование помещения	Температура воздуха, $t_{в}$ , °С	Относительная влажность воздуха, $\varphi$ , %
1	2	3	4
001	Лестничная клетка	16	60
002	Электрощитовая	5	50
003	ИТП	5	50
004	Зона водомерного узла	5	50
005	Мастерская по ремонту оборудования	16	60
006	Помещение для хранения и ремонта светильников и электрооборудования	16	60
007	Комната приема пищи	18	60
008	Комната персонала	18	60
009	С/у и душевая персонала	25	60
010	Тамбур шлюз	-	-
011	Лестница	16	60
012	Помещение для хранения реагентов (хлор)	5	50
013	Помещение озонаторной	16	50
014	Помещение водоподготовки	5	50
015	Помещение для прокладки инженерных коммуникаций	5	50
016	Помещение для прокладки инженерных коммуникаций	16	60
017	Коридор	16	60
018	Венткамера	16	60
019	Коридор	16	60
020	Коридор	16	60
101	Тамбур	-	-
102	Вестибюль	20	60
103	КУИ	20	60
104	Помещение охраны	20	60
105	Регистратура	20	60
106	Гардероб	16	60
107	Касса	20	60
108	Администрация	20	60
109	Администрация	20	60
110	Тренерская мужская	18	60
111	С/у М тренерские	18	60
112	Тренерская женская	18	60
113	С/у Ж тренерские	18	60
114	Душевая М тренерские	25	65
115	Душевая Ж тренерские	25	65
116	Преддушевая тренерская	25	65
117	Ожидальная	20	60
118	Кабинет врача	20	60
119	Кабинет дежурной сестры	20	60

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
120	С/у	18	60
121	С/у	18	60
122	С/у	18	60
123	Зал подготовительных занятий	18	60
124	Инвентарная	15	60
125	Раздевалка мужская	25	60
126	Преддушевая	25	65
127	С/у М	20	60
128	Душевая мужская	25	65
129	Душевая кабина мужская для МГН	25	65
130	Раздевалка женская	25	60
131	Преддушевая	25	65
132	С/у Ж	20	60
133	Душевая женская	25	65
134	Душевая кабина женская для МГН	25	65
135	Бассейн	28	60
136	Инвентарная	25	60
137	Место для хранения колясок	16	60
138	ЛК	16	60
139	ЛК	16	60
140	ЛК	16	60
201	Венткамера	16	60
202	Технический балкон	16	60
203	Лестничная клетка	16	60
204	Воздухозаборная камера	16	60

### 1.3 Характеристика технологических процессов в представленном здании

Крытый плавательный бассейн в Самарской области предназначен для обучения плавания и для оздоровления детского и взрослого населения. Для обеспечения нормальных условий посетителей и сотрудников бассейна запроектированы: зал подготовительных занятий, помещение бассейна, раздевалки, помещение для приема пищи персонала бассейна, озонаторная, венткамера, тренерские, душевые, кабинет врача и дежурной сестры, помещение водоподготовки.

Бассейн не воздействует на окружающую среду неблагоприятно: уровень шума и вибрации соответствует требованиям СП [38].

## **1.4 Архитектурно-планировочное представление объекта**

Проектируемое здание плавательного бассейна расположено в Самарской области г. Тольятти. Здание имеет прямоугольную форму с размерами в осях 42,0x41,4м. Фасад здания ориентирован на юг. Кровля плоская – плоская с внутренним водостоком, не эксплуатируемая. Здание крытого плавательного бассейна двухэтажное, высота помещений первого этажа от пола до потолка – 4,27 и 3,0 м, в залах бассейна и подготовительных занятий – 7,28 м; высота помещений второго этажа – 3,92 м. Площадь первого этажа 1702,11 м<sup>2</sup>, площадь второго этажа 261,70 м<sup>2</sup> и подвального этажа 1276,41 м<sup>2</sup>. Состав помещений, их площадь и функциональная взаимосвязь определена технологической необходимостью.

Фасады оживляет навесная витражная система из алюминиевых профилей по типу «тепло-холод» (сплошное остекление имеет «теплые» проемы и «холодные» глухие стеновые участки). В местах проемов устанавливаются стеклопакеты. Отделение холодных зон от теплых производится при помощи пластикового адаптера и минераловатного утеплителя фирмы ROCKWOOL (по толщине витража).

На первом этаже плавательного бассейна предусмотрены залы бассейна и подготовительных занятий, тренерские, кабинет медсестры, раздевальные и служебно-бытовые помещения. Доступ посетителей и МГН обеспечен только на 1 этаж во все помещения.

В подвальном этаже расположены технические и служебно-бытовые помещения. Подвальный этаж соединен с первым этажом незадымляемой лестницей, которая не является эвакуационной.

На втором этаже расположены венткамера и технический балкон.

## **1.5 Сведения об источниках теплоснабжения, параметрах теплоносителей систем отопления и вентиляции**

Источником теплоснабжения здания крытого плавательного бассейна в г. Тольятти являются тепловые сети, от существующего теплопровода. В качестве

теплоносителя используется вода с параметрами 150-70°C. На вводе теплоносителя в здание, предусмотрен индивидуальный тепловой пункт. Автоматизированное регулирование температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха осуществляется в индивидуальном тепловом пункте.

В системах потребления теплоты в здании бассейна предусмотрены следующие параметры теплоносителя:

- вентиляция – вода 150-70°C;
- воздушно-тепловая завеса – вода 150-70°C;
- отопление – вода 95-70°C;
- обогрев тепловых дорожек – 40-35°C.

Вывод: В данном разделе был осуществлен сбор данных по нормативным документам о климатических данных района строительства. Также по нормативным документам были определены внутренние параметры воздуха в здании крытого плавательного бассейна. Было представлено архитектурно-планировочное решение объекта. И предоставлены сведения об источниках теплоснабжения, параметрах теплоносителей систем отопления и вентиляции.

## 2 Аналитический обзор

### 2.1 Анализ нормативных документов

Системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и кондиционирования воздуха в зданиях бассейнов следует проектировать в соответствии с СП [37]. Проанализировав нормативные документы, выделяем требования необходимые при проектировании:

1. В помещении бассейна:
  - обходные дорожки должны обогреваться [27];
  - во избежание образования холодных потоков воздуха от окон приборы отопления следует располагать под ними и у наружных стен. Приборы и трубопроводы отопления, расположенные в залах подготовительных занятий на высоте до 2,0 м от пола, должны быть защищены решетками или панелями, не выступающими из плоскости стен и допускающими уборку их влажным способом [27];
  - рекомендуется принимать расчетную температуру воды в ваннах плавательных оздоровительных бассейнов: - 26°C-29°C [35];
  - подвижность воздуха в зонах нахождения занимающихся не должна превышать:
    - 0,2 м/с - в залах ванн бассейнов;
    - 0,5 м/с - в залах для подготовительных занятий;
  - относительную влажность воздуха рекомендуется принимать:
    - 50-65% - в залах ванн бассейнов;
    - 30%-60% - в залах для подготовительных занятий.
  - при теплотехническом расчете ограждающих конструкций залов бассейнов относительную влажность воздуха следует принимать 67%, а его температуру - на 1°C-2°C выше температуры воды в бассейне [35];

– нагревательные приборы и трубопроводы в залах ванн бассейнов и залах для подготовительных занятий при их устройстве на высоте до 2 м от пола не должны выступать из плоскости стен [35];

– отдельные системы приточной и вытяжной вентиляции следует предусматривать для:

- залов ванн бассейнов;
- залов для подготовительных занятий;
- помещений административного и инженерно-технического персонала, бытовых помещений рабочих;
- хлораторных и складов хлора;
- технических помещений (насосно-фильтровальных, бойлерных, озонаторных и др.).

пульта для включения систем вентиляции, обслуживающих хлораторную и озонаторную, должны быть установлены вне этих помещений [35];

– для залов ванн рекомендуется применять вентиляционные установки работающие в двух режимах: самостоятельные приточные и вытяжные установки, предназначенные только для нерабочего периода бассейнов; дополнительные установки совместно с первыми двумя должны, в период работы бассейнов, обеспечивать расчетный воздухообмен [35];

– удаление воздуха из залов ванн бассейнов следует, как правило, предусматривать вытяжными системами с механическим побуждением, в залах подготовительных занятий допускается применение систем с естественным побуждением, с помощью вентиляционных шахт, устанавливаемых на кровле здания [35];

– системы вытяжной вентиляции из санитарных узлов и из душевых допускается объединять [35];

– приборы отопления рекомендуется располагать под окнами и у наружных стен [35];.

– при температуре наружного воздуха ниже минус 20°C в тамбурах основных входов плавательных бассейнов рекомендуется устраивать воздушно-тепловые завесы. Воздушно-тепловую завесу допускается заменять тамбуром с тремя, последовательно расположенными, дверями [35];

– вентиляцию помещений хлораторных и складов хлора следует предусматривать периодического действия. Удаление воздуха осуществляется из двух зон: верхней в объеме 1/3 и нижней - 2/3 общего объема вытяжки. Вентиляционные агрегаты необходимо размещать вне этих помещений. Управление агрегатами осуществляют от пусковых устройств, устанавливаемых у входа в помещения [35];

«В случае отдельно стоящего здания крытого плавательного бассейна рекомендуется поддерживать положительный дисбаланс (подпор), обеспечивая превышение притока над вытяжкой для предотвращения инфильтрации наружного воздуха» [26].

Согласно санитарно-гигиеническим нормам:

1. Расчетная температура воздуха должна быть на 1-2 °С выше, чем температура воды, температура воды в плавательном бассейне должна находиться в пределах от 26 °С до 28 °С, а допустимая температура воздуха от 27 °С до 30 °С.

2. Относительная влажность воздуха должна находиться в пределах 50-65%.

3. Скорость воздуха в зоне купания людей ограничивается значениями от 0,15-0,20 м/с.

Если нормативные требования будут нарушаться, то это приведет к неблагоприятным последствиям, таким как:

1. Избыточное испарение влаги с водной поверхности бассейна приводит к проблемам со здоровьем (головокружение, затрудненное дыхание, отдышка).

2. Конденсация водяных паров на поверхности окон, стен, оборудовании приводит к появлению ржавчины, окислению металлов, плесени, грибков.

3. Недостаточная вентиляция ведет к появлению и скоплению вредных примесей в воздухе.

4. Нарушение нормативных температурных показателей воздуха и воды приводит к простудным заболеваниям.

5. Несоблюдение таких важных показателей как температура воды и воздуха, а также несвежий воздух не приводит к главной поставленной задаче: оздоровление людей.

Отсюда делаем вывод: чтобы создать комфортный микроклимат необходимо спроектировать эффективную приточно-вытяжную вентиляцию, с осушением воздуха, отопление. А так же предусмотреть автоматическую систему управления в бассейне, что позволит нам создать не только комфортные условия во время посещения бассейна, но и энергоэффективность в период покоя.

## **2.2 Патентный поиск**

На основании федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации» [21] многие стремятся использовать средства энергоэффективности. Одним из маркетинговых брендов стал рекуператор воздуха. «Рекуператор — это теплообменник специальной конструкции, используемый для вентилирования помещений. В переводе с латинского языка обозначает обратное получение, возвращение или возмещение»[22]. Чтобы уравновесить температуру и сделать воздух более свежим, и было придумано такое устройство. В летнюю жару не дает проникнуть в помещение горячему воздуху, а в зимнее время оно позволяет не потерять комнатное тепло.

«Задача: создавать комфортный микроклимат, снижая затраты на отопление» [22].

«В патентной информации и научно-технической литературе предлагаются различные конструкции рекуператоров. Поэтому актуально будет провести патентные исследования рекуператоров, чтобы выявить наиболее современный рекуператор, а также установить тенденции их развития. В качестве предмета патентных исследований выбираем объект техники – рекуператор».

### 2.2.1 Описание предмета патентного поиска

В качестве базового варианта (базы) выбираем пластинчатый рекуператор, устройство которого показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Рекуператор

«Они считаются самыми распространенными, поскольку цена их невысокая, но они достаточно эффективны. Теплообменник, расположенный внутри устройства состоит из одной или нескольких **пластин из меди или алюминия**, пластика, очень прочной целлюлозы, они находятся в неподвижном состоянии. Воздух, попадая в устройство, проходит через ряд кассет и не смешивается, в процессе работы происходит одновременный процесс охлаждения и подогрева.

Устройство очень компактное и надежное, оно практически не выходит из строя. Рекуператоры пластинчатого типа функционируют без потребления электроэнергии, что является немаловажным преимуществом» [19]. Недостатком устройства является то, что в «морозную погоду пластинчатая

модель работать не может, влагообмен невозможен из-за обмерзания вытяжного устройства. Его вытяжные каналы собирают конденсат, который замерзает при минусовой температуре» [19]. Растопить его «можно электронагревателем. Во время отогрева теплообмен не происходит, эффективность работы равна нулю. Общая работоспособность падает. После отогрева холодного воздуха в рабочем режиме отдача составляет в среднем» [22] 90%. Главный недостаток — увеличение аэродинамического сопротивления в точке установки.

«При постоянной циркуляции оборудование работает сразу в двух направлениях. Отработанный теплый воздух удаляется. Приходящий с улицы холод нагревается, попадает» [22] в помещение, «вместе с подогревом обеззараживается. Температурный режим можно регулировать.

Отработанные потоки во время удаления проходят через теплообменник, отдавая тепло. В этом заключается основной принцип действия. Рекуператор состоит из корпуса, к которому подсоединены патрубки, вмонтированы вентиляторы, фильтры и теплообменные кассеты» [22], что показано на рис. 2.



Рисунок 2 – Устройство рекуператора

- «Воздух собирается по воздуховодам;
- С помощью вентилятора подается в систему;
- Пропускается через рекуператор;

- Выбрасывается в атмосферу;
- С улицы забираются свежие потоки» [22] воздуха и «вновь пропускаются через рекуператор;
- Частично тепло забирается и передается поступающему притоку» [22].

Процесс показан на рис. 3.

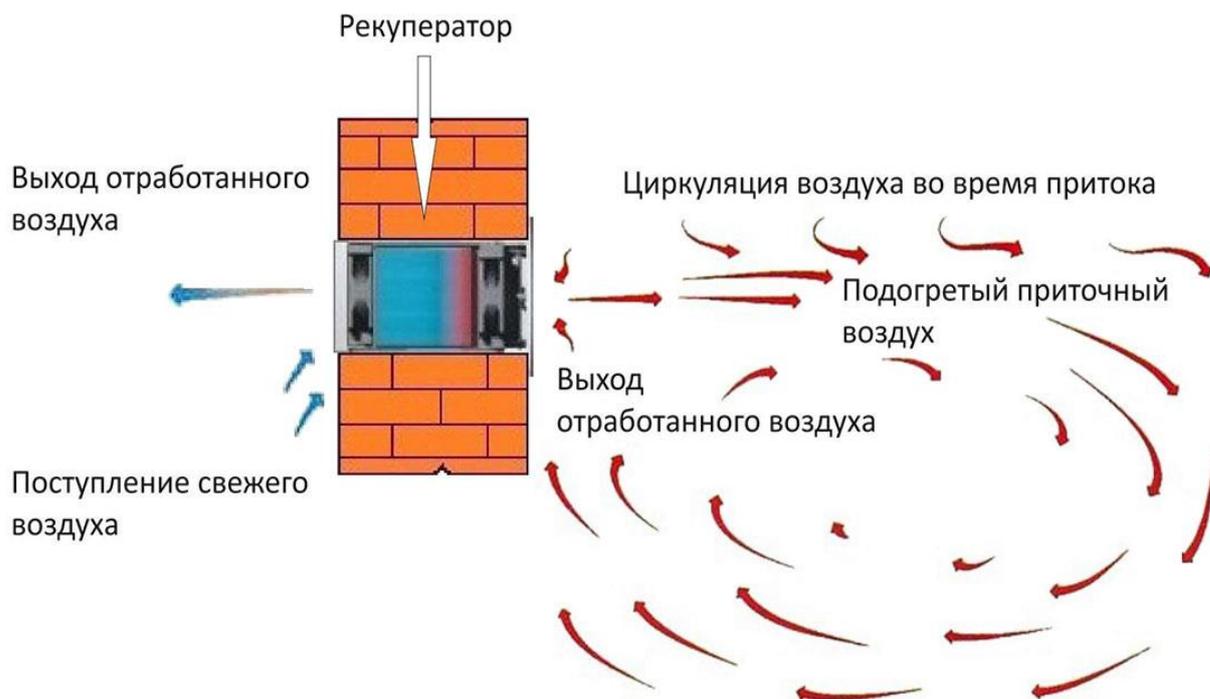


Рисунок 3 – Принцип работы рекуператора

### 2.2.2 Формирование цели исследования

Целью исследования объекта техники – пластинчатого рекуператора – выбор наиболее прогрессивного технического решения и определение тенденций развития.

### 2.2.3 Определение категории объекта

Пластинчатый рекуператор является устройством, так как характеризуется конструктивными признаками: формой элементов, их взаимным расположением, видами материала. Признаки способа и вещества отсутствуют.

## **2.2.4 Определение стран проверки**

Патентный поиск проводим в странах, где наиболее развит этот вид техники: Россия (включая СССР), Япония, Чехия, США, Швеция и Франция. В первую очередь, в качестве стран проверки выбираем Россию (СССР).

## **2.2.5 Выявление технических особенностей объекта**

Исследуемый объект техники – пластинчатый рекуператор – имеет такие технические особенности как:

- по устройству и принципу действия существуют пластинчатые, трубчатые и роторные рекуператоры;
- по материалу пластин: из меди или алюминия, пластика, очень прочной целлюлозы;
- по виду, в зависимости от конструкции: разборные, паяные, сварные, полусварные.

## **2.2.6 Определение классификационных рубрик МПК**

Для определения рубрик МПК «пластинчатый рекуператор» определяем ключевые слова. Принимаем за ключевое слово «теплообмен». По классификатору МПК определяем: Раздел F - Машиностроение; освещение; отопление; двигатели и насосы;

- 1) Раздел F - Машиностроение; освещение; отопление; двигатели и насосы и т.д.
- 2) Класс F28 - Теплообмен вообще
- 3) Подкласс F28 F - Элементы теплообменных или теплопередающих устройств общего назначения
- 4) Группа F28 F 3/00 – Пластинчатые или профилированные элементы; комплекты из этих элементов
- 5) Подгруппа F28 F 3/04 – Пластинчатые или профилированные элементы; комплекты из этих элементов - изготовленными как одно целое с элементом.

### 2.2.7 Выбор источников информации

Источником информации в нашем случае являются, имеющиеся в кабинете патентования кафедры ТГВ, в библиотеке ТГУ биллютенъ «Изобретения стран мира», реферативные журналы ВИНТИ, а также информационный ресурс сайта федерального института промышленной собственности [6], и научно-техническая литература в области вентиляционных устройств.

### 2.2.8 Установление глубины поиска

Проведя общий анализ пластинчатых рекуператоров, были сделаны выводы, что больше всего технических решений содержится в изобретениях, сделанных за последние 30 лет. эта же глубина принимается для выявления тенденций развития пластинчатого рекуператора.

### 2.2.9 Регламент поиска

Регламент поиска предоставлен в таблице 2.1.

Объект Пластинчатый рекуператор

Вид исследований исследование достигнутого уровня развития объекта техники и определение тенденций развития

Дата проведения поиска со 02.09.2019 по 31.12.2019

Таблица 2.1 – Регламент поиска №1

Предмет поиска	Страна поиска	Индексы МПК/УДК	Источники информации
Пластинчатый рекуператор	Россия (СССР)	F28D 9/00	Бюллетень изобретений
		F28F 3/08	Реферативные журналы
		F28 F 3/04	Изобретения стран мира
		66.045.126	Научно-технические журналы
	Франция	F28D 009/00	www33.orbit.com
	Швеция	F25B 039/02	www33.orbit.com
	Чехия		www. fips.ru
	Япония		
	США		

Глубина поиска – 30 лет.

## 2.2.10 Выбор патентно-технической документации

В соответствии с выбранной рубрикой МПК, просмотрев источники информации, выбираем такие документы, по названиям которых можно установить их отношение к пластинчатым рекуператорам. По этим документам знакомимся с аннотациями, описанием изобретений, рефератами, чертежами и формулами изобретений.

Сведения об аналогах пластинчатого рекуператора, найденных в научно-технической литературе, вносим в таблицу 2.2.

Сведения об изобретениях вносим в таблицу 2.3.

Таблица 2.2 – Научно-техническая документация, отобранная для анализа

Предмет поиска	Автор(ы), УДК	Наименование	Сущность технического решения
1	2	3	4
Пластинчатый рекуператор	Бессонный А.Н., Дрейцер Г.Л., Кунтыш В.Б.	Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения. Справочник / Под общ. ред. В.Б. Кунтыша. А.Н. Бессонного. — СПб.: Недра, 1996. — 512 с: ил. ISBN 5-247-03637-9	Пластинчатый разборный теплообменник – устройство, в котором основную функцию теплопередачи между теплоносителями выполняет пакет пластин.
Пластинчатый рекуператор	Kurran T.	Heat Exchanger Design Handbook Marcel Dekker, 2000. 1119 p. ISBN: 0824797876.	Паяные теплообменники также в своей основе содержат пакет пластин, но отличие от разборных заключается в том, что они спаяны между собой
Пластинчатый рекуператор	Skuhede Claes	Технический справочник по пластинчатым теплообменникам Алонте. Италия, 2001 год. 166 стр.	Сварные теплообменные аппараты – устройства, в которых пластины сварены между собой без использования уплотнителей.

Таблица 2.3 – Патентная документация, отобранная для анализа

Предмет поиска	Страна выдачи и номер охранного документа, классификационный индекс	Автор, страна, дата приоритета, дата публикации, название	Сущность изобретения, цель его создания или технический результат	Подлежит (не подлежит) исследованию
1	2	3	4	5
1.Пластинчатый рекуператор	Россия а.с. № RU 126814 U1 F28D 9/00	Горбов Л.Г., Злотин В.Е, Злотников И.С., Михайлов А.О, Нестеров В.Г., Нестерук И.Л., Стешенков А.Л.; РФ 18.10.2012 <u>10.04.2013</u> Пластинчатый теплообменник	«Пластинчатый теплообменник выполнен в виде коробчатого пакета, содержащего множество параллельных друг другу оребренных панелей, образующих расположенные под прямым углом друг к другу чередующиеся каналы для прохода нагревающей и нагреваемой сред, и установленный в цилиндрический кожух, расположенный соосно каналам для прохождения нагревающей среды, а на концах которого имеются фланцы, а на корпусе кожуха имеются две камеры для подвода и отвода нагреваемой среды» [б]. Цель – это создание высокоэффективного теплообменника простой конструкции.	подлежит
2.Пластинчатый рекуператор	Россия а.с. № RU 2578374 C1 F28D 9/00	Калинин Н. М., Барулин А. Н., Калягин С. Н., Петров Е. Н. Россия 30.12.2014 27.03.2016 Оребренный рекуператор	Оребренный рекуператор в периферийной зоне пакета содержит, по меньшей мере, один модуль, а в центральной - по меньшей мере, один, но другой модуль, при этом в модуле, образующем периферийную зону пакета, каналы имеют в поперечном сечении размеры, отличные от размеров поперечного сечения каналов у модуля, образующего центральную зону пакета. Цель - оптимизация режима теплообмена, снижение габаритов.	подлежит

Продолжение таблицы 2.3

<p>3.Пластинчатый рекуператор</p>	<p>Россия а.с. № RU 2351865 С2 F28F 3/00</p>	<p>Тимофеев В.Н., Головко В.Ф., Дмитриева И.В. Россия 20.10.2008 10.04.2009 Пластинчатый теплообменник</p>	<p>«В пластинчатом теплообменнике часть рядов гофров выполнена базовыми, а ряды гофров, примыкающие с обеих сторон к базовому ряду, смещены относительно него и друг друга в одном направлении, при этом количество рядов, примыкающих с одной стороны, должно быть не менее двух. Цель - повышение интенсификации теплообмена за счет улучшения турбулизации потока теплоносителей и выравнивания их теплогидравлических характеристик, а также повышение механической прочности гофрированных дистанционирующих элементов» [6] .</p>	<p>подлежит</p>
<p>4.Пластинчатый рекуператор</p>	<p>Россия а.с. № RU 130378 U1 F28D 9/00</p>	<p>Гафаров А.Н. Россия 01.10.2012 20.07.2013 Пластинчатый теплообменник</p>	<p>«Пластинчатый теплообменник, содержит пакет металлических пластин, размещенных внутри каркаса из скрепленных между собой профилей и крышек с образованием каналов для газовых потоков ребрами жесткости и плоскими поверхностями пластин, при этом ребра жесткости расположены перпендикулярно плоскости металлической пластины и параллельно друг к другу и к борту теплообменника, а пластины в пакете расположены с чередованием каналов для газовых потоков во взаимно перпендикулярных направлениях, причем ребра жесткости сформированы на металлической пластине путем штамповки канавок на глубину, соответствующую высоте ребер жесткости, с последующим сдавливанием стенок канавок до создания ребер жесткости» [6]. Цель - утилизация тепла вторичных энергоресурсов, в частности отходящих газов с высокой температурой от котельных и технологических печей; для утилизации тепла (холода) в системах вентиляции и кондиционирования воздуха в общественных и жилых зданиях.</p>	<p>подлежит</p>

## 2.2.11 Анализ патентной документации по теме «Крытый плавательный бассейн г. Тольятти»

Анализ сущности изобретений:

Изучая сущность изобретений, которые рассматривались в научно-исследовательской работе 1, видно, что изобретение решает ту или иную задачу и уже при детальном рассмотрении далее, вносим данные в пятую колонку таблицы 2.3.

Оценка преимуществ и недостатков аналогов:

Оцениваем обеспечение показателей положительного эффекта каждым аналогом в баллах от -4 до +4. Базовому варианту по каждому показателю выставаем оценку «0». Заносим оценки в таблицу 2.4. Когда мы просуммируем баллы по каждому аналогу, то заносим их в нижнюю строку таблицы 2.4.

Таблица 2.4 – Оценка преимуществ и недостатков аналогов

Показатели	Аналоги				База
	а.с. № RU 126814 U1 F28D 9/00	а.с. № RU 2578374 C1 F28D 9/00	а.с. № RU 2351865 C2 F28F 3/00	а.с. № RU 130378 U1 F28D 9/00	
Увеличение КПД	+3	+2	+3	+2	
Простота конструкции	+4	+4	+4	+1	0
Надежность и долговечность конструкции	+3	+1	+1	+1	0
Простота в эксплуатации	+4	+3	+1	+1	0
Шумовые показатели	0	0	0	0	0
Повышение теплообмена	+4	+2	+3	-1	0
Суммарный балл	+18	+12	+12	+4	0
					0

Определение тенденции развития:

В последние годы сделано множество попыток по усовершенствованию пластинчатых рекуператоров. Усовершенствование пластинчатых рекуператоров связаны с созданием высокоэффективного

теплообменника простой конструкции, повышение эффективности теплообменника и его КПД. Развитие изобретений в области пластинчатых рекуператоров происходит за счет повышения теплообмена, в связи с улучшением турбулизации потока теплоносителей и выравнивания их тепловых и гидравлических характеристик, а также повышение механической прочности гофрированных элементов.

### **2.2.12 Выводы и рекомендации**

Вывод по результатам исследования достигнутого уровня:

Мы видим, что наибольшую сумму баллов имеет пластинчатый рекуператор по а.с. № 126814 Российская Федерация, авторы - Горбов Л.Г., Злотин В.Е, Злотников И.С., Михайлов А.О, Нестеров В.Г., Нестерук И.Л., Стешенков А.Л. В этом изобретение достигнута поставленная цель - это создание высокоэффективного теплообменника простой конструкции, повышение эффективности теплообменника и его КПД. Делаем выводы, что данное изобретение является наиболее прогрессивным.

Выводы по результатам тенденций развития:

Все сделанные нами патентные исследования, показали нам, что развитие пластинчатых рекуператоров не стоит на месте. И каждый раз все более совершенствуется и достигается цель по созданию более высокоэффективного, простого рекуператора с повышенным КПД.

Рекомендации по применению или использованию прогрессивных изобретений:

Пластинчатый рекуператор может быть использован для вентилирования помещений, создавая при это комфортный микроклимат и снижая при этом затраты на отопление.

### 3 Тепловая защита здания

#### 3.1 Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

«Теплотехнический расчет ограждающих конструкций выполняется согласно СП [37].

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций выполняется из условия, что приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций будет не меньше требуемого значения, то есть

$$R_o^{пр} \geq R_o^{тр}, \quad (3.1)$$

где  $R_o^{пр}$  – приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ;

$R_o^{тр}$  – требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ , определяется в зависимости от градусо-суток района строительства по СП [37, табл.3].

Градусо-сутки» [37] отопительного периода определяем по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}, \quad (3.2)$$

где  $t_{в}$  – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания бассейна,  $\text{°C}$ ;

$t_{от}$  – средняя температура наружного воздуха отопительного периода,  $\text{°C}$ ;

$z_{от}$  – продолжительность отопительного периода, сут.

Подставив в формулу (3.2) соответствующие значения величин, получим:

$$\text{ГСОП} = (27 - (-5,2)) \cdot 203 = 6536,6 \text{ °C} \cdot \text{сут.}$$

### 3.1.1 Теплотехнический расчет наружных стен

Наружные стены выполнены из керамического кирпича, утеплитель – минеральная вата, внутренняя поверхность стены покрыта штукатуркой, есть воздушный зазор между облицовкой и утеплителем, облицовка сделана гранитными плитами (система навесного фасада).

Таблица 3.1 – Состав наружных стен (тип 1)

№ слоя	Наименование материала	Толщина, $\delta$ , м	Плотность, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°С
1	Цементно-песчаный раствор	0,02	1800	0,93
2	Кладка из кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	0,38	1800	0,81
3	Базальтовая теплоизоляция ROCKWOOL ВЕНТИ БАТТС гидрофобизированные плиты	?	90	0,04
4	Воздушный зазор	0,04	1	0,24242
5	Панель экрана	0,01	2600	0,76

Приведенное сопротивление теплопередаче многослойных ограждающих конструкций находим по следующей формуле:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3.3)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи (тепловосприятя) внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/ м<sup>2</sup>·°С;

$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/ м<sup>2</sup>·°С.

Необходимо учесть коэффициент неоднородности конструкции:

$$\frac{R_o^{TP}}{r} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.4)$$

Согласно «нормам теплотехнического проектирования ограждающих конструкций и оценки энергоэффективности зданий» [42].

Допускается приведенное сопротивление теплопередаче  $R_o$  наружных стен зданий определять по формуле

$$R_o^{пр} = R_o^{усл} \cdot r, \quad (3.5)$$

где  $R_o^{усл}$  – сопротивление теплопередаче наружных стен,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$r \leq 1$  – «расчетный коэффициент теплотехнической однородности.

Значения коэффициента «r» приведены в» [16, табл.6].

Принимаем коэффициент теплотехнической однородности, исходя из конструкции наружных стен, для сплошной кладки из полнотелого керамического кирпича равный  $r = 0,9$ .

Вычисляем требуемое условное значение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R_o^{усл}$ ,  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ :

$$R_o^{усл\ тр} = \frac{R_o^{TP}}{r} \quad (3.6)$$

Определяем требуемое сопротивление строительной ограждающей конструкции.

Согласно [37, табл.3]  $R_o^{mp}$  для конструкции:  $R_o^{mp} = 3,16 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

Согласно [37, формула 5.1]  $R_o^{норм} = R_o^{mp} \cdot 0,63 = 3,16 \cdot 0,63 = 1,99 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

С учетом санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации [37, формула 5.4]:

$$R_o^{норм} = \frac{(t_B - t_H)}{\Delta t \cdot \alpha_B} \quad (3.7)$$
$$R_o^{норм} = \frac{(27+30)}{4,5 \cdot 8,7} = 1,45 м^2 \cdot ^\circ C / Вт.$$

Согласно [37, п. 5.1] принимаем наибольшее значение  $R_0^{\text{норм}}=1,99\text{ м}^2\text{°C/Вт}$ .

Так как в ограждающей конструкции бассейна присутствует воздушная прослойка, мы должны определить ее термическое сопротивление, для этого нам необходимо вычислить температуру в слое воздушной прослойки по формуле:

$$\tau_{x=t_B} = \frac{t_B - t_H}{R_0^{\text{учл}}} \left( \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right), \quad (3.8)$$

где  $\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$  – сумма термических сопротивлений слоев многослойной ограждающей конструкции от внутренней поверхности до плоскости, отстоящей от внутренней поверхности на расстоянии  $x$ .

$$\tau_{\text{в.п.}} = 20 - \frac{20+30}{2,73} \left( \frac{1}{8,7} + 2,566 \right) = -28,9\text{°C}$$

Определяем методом интерполяции по СП [37, табл.Е.1], термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, оно будет равно  $R_{\text{в.п.}}=0,165\text{ м}^2\cdot\text{°C/Вт}$ .

Толщину утеплителя выразим из формул (3.4) и (3.6):

$$\delta_{\text{ут}} = \left[ R_0^{\text{учл тр}} - \left( \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} \right) \right] \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (3.9)$$

Подставим значения в формулу (3.8), получаем:

$$\delta_{\text{ут}} = \left( 1,99 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,02}{0,93} - \frac{0,38}{0,81} - 0,165 - \frac{0,01}{0,76} - \frac{1}{12} \right) \cdot 0,04 = 0,06\text{ м}$$

Толщину утеплителя принимаем согласно сортаменту производителя:

$$\delta_{\text{ут}} = 0,1\text{ м.}$$

Определяем фактическое условное сопротивление теплопередаче наружных стен:

$$R_o^{усл} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.10)$$

Подставив значения в формулу (3.9) получим:

$$R_o^{усл} = 0,9 \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,38}{0,81} + \frac{0,1}{0,04} + 0,165 + \frac{0,01}{0,76} + \frac{1}{12} \right) = 3,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Проверим выполнение условия (3.1):

$$R_o^{пр} = 1,99 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \geq R_o^{тр} = 3,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Сравнивая эти сопротивления, делаем вывод, что условие (3.1) выполняется.

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°C по формуле:

$$k = \frac{1}{R_o^{пр}}, \quad (3.11)$$

$$k = \frac{1}{3,06} = 0,313 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}.$$

Сопротивление теплопередаче наружных стен типа 1а, 2 и 3, покрытие над общественными помещениями рассчитаны аналогично, результаты расчета сведены в таблицу 3.7.

### 3.1.2 Теплотехнический расчет внутренних стен

Таблица 3.2 – Слои внутренних стен 1

№ слоя	Наименование материала	Толщина, м	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/м·°C
1.	Штукатурка	0,02	1500	0,81
2.	Кирпич	0,12	1200	0,52
3.	Штукатурка	0,02	1500	0,81

$$R_o^{пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,12}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{8,7} = 0,51 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт.}$$

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°C по формуле (3.10):

$$k = \frac{1}{0,51} = 1,96 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

Таблица 3.3 – Слои внутренних стен 2

№ слоя	Наименование материала	Толщина, м	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/м·°C
1.	Штукатурка	0,02	1500	0,81
2.	Кирпич	0,25	1200	0,52
3.	Штукатурка	0,02	1500	0,81

$$R_o^{пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{8,7} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°C по формуле (3.10):

$$k = \frac{1}{0,76} = 1,32 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$

Таблица 3.4 – Слои внутренних стен 3

№ слоя	Наименование материала	Толщина, м	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/м·°C
1.	Штукатурка	0,02	1500	0,81
2.	Кирпич	0,20	1200	0,52
3.	Штукатурка	0,02	1500	0,81

$$R_o^{пр} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,20}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{8,7} = 0,66 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°C по формуле (3.10):

$$k = \frac{1}{0,66} = 1,51 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

### 3.1.3 Теплотехнический расчет оконных проемов

Двухкамерный стеклопакет из алюминиевых профилей (стекло солнцезащитное с напылением, закаленное).

Фактическое сопротивление теплопередаче:

$$R_o^{\phi} = 0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Проверим выполнение условия (3.1):

$$R_o^{\phi} = 0,62 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} \geq R_o^{\text{тп}} = 0,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Сравнивая эти сопротивления, делаем вывод, что условие (3.1) выполняется.

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°С по формуле (3.11):

$$k = \frac{1}{0,62} = 1,61 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

### 3.1.4 Теплотехнический расчет наружных дверей

Приведенное сопротивление теплопередаче наружных дверей определяется по формуле:

$$R_{\text{нд}}^{\text{пр}} = \frac{0,6 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t}, \quad (3.12)$$

где  $\Delta t$  – нормируемый температурный перепад, °С, определяется по СП [32, табл.5].

$$\Delta t = 4,5 \text{ °С.}$$

Подставим все значения в формулу (3.11) получим:

$$R_{\text{нд}}^{\text{пр}} = \frac{0,6 \cdot (28 - (-30))}{8,7 \cdot 4,5} = 0,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Проверим выполнение условия (3.1):

$$R_{\text{нд}}^{\text{пр}} = 0,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} \geq R_o^{\text{тп}} = 0,46 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт.}$$

Сравнивая эти сопротивления, делаем вывод, что условие (3.1) выполняется.

Находим коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/м<sup>2</sup>·°С по формуле (3.10):

$$k = \frac{1}{0,88} = 1,14 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$$

### 3.1.5 Теплотехнический расчет чаши бассейна

Таблица 3.5 – Состав ограждения

№ слоя	Наименование материала	Толщина, м	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/м·°С
1	Стальной профлист	0,00075	7850	58
2	RockMembrane	0,00025	70	0,4
3	Базальтовая теплоизоляция ROCKWOOL РУФ БАТТС Н гидрофобизированные плиты	0,13	115	0,042
4	Базальтовая теплоизоляция ROCKWOOL РУФ БАТТС В гидрофобизированные плиты	0,05	190	0,044
5	Полимерная мембрана LogicRoof	0,0035	1240	0,08

Определяем требуемое сопротивление строительной ограждающей конструкции.

Согласно [37, табл.3]  $R_o^{mp}$  для конструкции:  $R_o^{mp} = 4,21 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ .

Согласно [37, формула 5.1]  $R_o^{норм} = R_o^{mp} \cdot 0,8 = 4,21 \cdot 0,63 = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ .

С учетом санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации [37, формула 5.4]:

$$R_o^{норм} = \frac{(27+30)}{4 \cdot 8,7} = 1,63 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

Согласно [37, п.5.1] принимаем наибольшее значение  $R_o^{норм} = 3,37 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$ .

$$R_o^{пр} = 1 \cdot \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,00075}{58} + \frac{0,00025}{0,4} + \frac{0,13}{0,042} + \frac{0,05}{0,044} + \frac{0,0035}{0,08} + \frac{1}{23} \right) = 4,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$$

### 3.1.6 Перекрытие – пол над подвалом

Таблица 3.6 – Состав ограждения

№ слоя	Наименование материала	Толщина, м	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/м·°С
1	Керамическая плита	0,01	1800	0,76
2	Клей для укладки керамической плитки	0,01	1400	0,52
3	Цементно-песчаный раствор	0,05	1800	0,76
4	Керамзитобетон	0,13	600	0,20
5	Железобетон	0,20	2500	1,92

Определяем требуемое сопротивление строительной ограждающей конструкции. С учетом санитарно-гигиенических и комфортных условий эксплуатации [37, формула 5.4]:

$$R_o^{\text{норм}} = \frac{(22+5)}{2,5 \cdot 8,7} = 0,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

$$R_o^{\text{пр}} = 1 \cdot \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,01}{0,76} + \frac{0,01}{0,52} + \frac{0,05}{0,76} + \frac{0,13}{0,20} + \frac{0,2}{1,92} + \frac{1}{6} \right) = 1,13 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Теплотехническую однородность  $\gamma$  принимается согласно ГОСТ Р [16, табл. 1].

Все результаты теплотехнического расчета сведены в таблицу 3.7.

Таблица 3.7 – Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций

Наименование ограждающей конструкции	Требуемое сопротивление теплопередаче, $R_{\text{пр}}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Приведенное сопротивление теплопередаче (расчетное), $R_o, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	Коэффициент теплопередачи, $k, \text{ Вт} / \text{ м}^2 \cdot \text{°C}$
Наружная стена(тип1)	1,99	3,06	0,313
Наружная стена(тип1а)	1,74	3,08	0,311
Наружная стена(тип2)	1,99	3,82	0,249
Наружная стена(тип3)	1,99	4,88	0,214
Внутренняя стена 1	-	0,51	1,96
Внутренняя стена 2	-	0,76	1,32
Внутренняя стена 3	-	0,66	1,51
Покрытие чаши бассейна	3,37	4,43	0,226
Покрытия над общественными помещениями	2,95	4,46	0,224
Покрытие пол над подвалом	0,78	1,13	0,885
Окно	-	0,62	1,61
Наружная дверь	-	0,88	1,14

Таблица 3.8 – Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции

№ помещения	Наименование помещения	Ограждающие конструкции					Основные теплопотери через ограждения, Q, Вт	Добавочные теплопотери			Коэффициент (1+Σβ)	Теплопотери, Вт
		Наименование ограждений	ориентация	Площадь, м <sup>2</sup>	Коэффициент теплопередач	$\Delta t=(t_{в}-t_{н})$		На ориентацию	прочие	Сумма добавочных теплопотерь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
001, t <sub>в</sub> =16°C	Лестничная клетка	ВСЗ	-	8,4	1,51	11	139,52	-	-	-	1	139,52
		ПЛ I	-	13,10	0,48	46	289,25	-	-	-	1	289,25
		ПЛ II	-	13,10	0,23	46	138,60	-	-	-	1	138,60
		ПЛ III	-	12,45	0,12	46	68,72	-	-	-	1	68,72
												636,09
002, t <sub>в</sub> =5°C	Электрощитовая	ПЛ I	-	10,80	0,48	35	181,44	-	-	-	1	181,44
		ПЛ II	-	10,80	0,23	35	86,94	-	-	-	1	86,94
		ПЛ III	-	10,26	0,12	35	43,09	-	-	-	1	43,09
												311,47
003, t <sub>в</sub> =5°C	ИТП	ПЛ I	-	25,4	0,48	35	426,72	-	-	-	1	426,72
		ПЛ II	-	25,4	0,23	35	204,47	-	-	-	1	204,47
		ПЛ III	-	18,00	0,12	35	75,60	-	-	-	1	75,60
		ПЛ IV	-	14,02	0,07	35	34,35	-	-	-	1	34,35
												741,14
004, t <sub>в</sub> =5°C	Зона водомерного узла	ПЛ I	-	5,60	0,48	35	94,08	-	-	-	1	94,08
		ПЛ II	-	5,60	0,23	35	45,08	-	-	-	1	45,08
		ПЛ III	-	5,60	0,12	35	23,52	-	-	-	1	23,52
		ПЛ IV	-	7,00	0,07	35	17,15	-	-	-	1	17,15
												179,83
005, t <sub>в</sub> =16°C	Мастерская по ремонту оборудования	ПЛ I	-	19,80	0,48	46	437,18	-	-	-	1	437,18
		ПЛ II	-	19,80	0,23	46	209,48	-	-	-	1	209,48
		ПЛ III	-	13,00	0,12	46	71,76	-	-	-	1	71,76
		ПЛ IV	-	5,10	0,07	46	16,42	-	-	-	1	16,42
												734,85

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
006, тв=16°С	Помещение для хранения и ремонта светильников и электрооборудования	ПЛ I	-	7,2	0,48	46	158,98	-	-	-	1	158,98
		ПЛ II	-	7,2	0,23	46	76,18	-	-	-	1	76,18
		ПЛ III	-	7,2	0,12	46	39,74	-	-	-	1	39,74
		ПЛ IV	-	9,36	0,07	46	30,14	-	-	-	1	30,14
												305,04
007, тв=18°С	Комната приема пищи	ВС1	-	6,6	1,96	13	168,17	-	-	-	1	168,17
		ПЛ IV	-	10,23	0,07	48	34,37	-	-	-	1	34,37
												202,54
008, тв=18°С	Комната персонала	ВС1	-	12,3	1,96	13	313,40	-	-	-	1	313,40
		ПЛ I	-	7	0,48	48	161,28	-	-	-	1	161,28
		ПЛ II	-	7	0,23	48	77,28	-	-	-	1	77,28
		ПЛ III	-	7	0,12	48	40,32	-	-	-	1	40,32
		ПЛ IV	-	2,6	0,07	48	8,74	-	-	-	1	8,74
												601,02
009, тв=25°С	С/у и душевая персонала	ВС1	-	10,5	1,96	7	144,06	-	-	-	1	144,06
		ВС1	-	4,8	1,96	20	188,16	-	-	-	1	188,16
		ВС1	-	10,5	1,96	7	144,06	-	-	-	1	144,06
		ВС1	-	4,8	1,96	9	84,67	-	-	-	1	84,67
		ПТ	-	4,35	0,885	7	26,95	-	-	-	1	26,95
		ПЛ IV	-	4,35	0,07	55	16,75	-	-	-	1	16,75
												604,65
011, тв=16°С	Лестница	ПЛ IV	-	7,9	0,07	46	25,44	-	-	-	1	25,44
												25,44
012, тв=5°С	Помещение для хранения реагентов	ПЛ I	-	10,40	0,48	35	174,72	-	-	-	1	174,72
		ПЛ II	-	10,40	0,23	35	83,72	-	-	-	1	83,72
		ПЛ III	-	10,40	0,12	35	43,68	-	-	-	1	43,68
		ПЛ IV	-	6,24	0,07	35	15,29	-	-	-	1	15,29
												317,41
013, тв=16°С	Помещение озонаторной	ВС1	-	39,6	1,96	11	853,78	-	-	-	1	853,78
		ПЛ I	-	10,6	0,48	46	234,05	-	-	-	1	234,05
		ПЛ II	-	10,6	0,23	46	112,15	-	-	-	1	112,15
		ПЛ III	-	10,6	0,12	46	58,51	-	-	-	1	58,51
		ПЛ IV	-	6,36	0,07	46	20,48	-	-	-	1	20,48
												1278,96

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
014, tв=5°C	Помещение водоподготовки	ПЛ I	-	38,3	0,48	35	643,44	-	-	-	1	643,44
		ПЛ II	-	38,3	0,23	35	308,32	-	-	-	1	308,32
		ПЛ III	-	31,4	0,12	35	131,88	-	-	-	1	131,88
		ПЛ IV	-	137,08	0,07	35	335,85	-	-	-	1	335,85
												1419,48
015, tв=5°C	Помещение для прокладки инженерных коммуникаций	ДО	3	1,20	1,61	35	67,62	0,05	-	0,05	1,05	71,00
		ПЛ I	-	24,70	0,48	35	414,96	-	-	-	1	414,96
		ПЛ II	-	24,70	0,23	35	198,84	-	-	-	1	198,84
		ПЛ III	-	29,90	0,12	35	125,58	-	-	-	1	125,58
		ПЛ IV	-	340,18	0,07	35	833,44	-	-	-	1	833,44
												1643,82
016, tв=16°C	Помещение для прокладки инженерных коммуникаций	BC1	-	115,2	1,96	11	2483,71	-	-	-	1	2483,71
		ПЛ I	-	90,8	0,48	46	2004,86	-	-	-	1	2004,86
		ПЛ II	-	90,8	0,23	46	960,66	-	-	-	1	960,66
		ПЛ III	-	31,41	0,12	46	173,38	-	-	-	1	173,38
		ПЛ IV	-	101,24	0,07	46	325,99	-	-	-	1	325,99
												5948,62
017, tв=16°C	Коридор	BC1	-	35,7	1,96	11	769,69	-	-	-	1	769,69
		ПЛ IV	-	15,7	0,07	46	50,55	-	-	-	1	50,55
												820,25
018, tв=16°C	Венткамера	ПЛ I	-	8,00	0,48	46	176,64	-	-	-	1	176,64
		ПЛ II	-	8,00	0,23	46	84,64	-	-	-	1	84,64
		ПЛ III	-	8,00	0,12	46	44,16	-	-	-	1	44,16
		ПЛ IV	-	20,35	0,07	46	65,53	-	-	-	1	65,53
												370,97
019, tв=16°C	Коридор	BC1	-	18,9	1,96	11	407,48	-	-	-	1	407,48
		ПЛ I	-	13,8	0,48	46	304,70	-	-	-	1	304,70
		ПЛ II	-	13,8	0,23	46	146,00	-	-	-	1	146,00
		ПЛ III	-	13,8	0,12	46	76,18	-	-	-	1	76,18
		ПЛ IV	-	93,37	0,07	46	300,65	-	-	-	1	300,65
												1235,02
020, tв=16°C	Коридор	НД	3	2,7	1,14	46	141,59	0,05	-	0,05	1,05	148,67
		BC1	-	63	1,96	11	1358,28	-	-	-	1	1358,28
		ДО	3	1,2	1,61	46	88,87	0,05	-	0,05	1,05	93,32

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		ПЛ I	-	5,9	0,48	46	130,27	-	-	-	1	130,27
		ПЛ II	-	9,8	0,23	46	103,68	-	-	-	1	103,68
		ПЛ III	-	4,36	0,12	46	24,07	-	-	-	1	24,07
		ПЛ IV	-	29,39	0,07	46	94,64	-	-	-	1	94,64
												1952,92
103, t <sub>в</sub> =20°C	КУИ	ПТ	-	9,40	0,224	50	105,28	-	-	-	1	105,28
		ПЛ	-	9,40	0,855	15	120,56	-	-	-	1	120,56
												225,84
104 t <sub>в</sub> =20°C	Помещение охраны	НС1	В	2,16	0,489	50	52,81	0,1	0,05	0,15	1,15	60,73
		ДО	В	9,91	1,61	50	797,76	0,1	0,05	0,15	1,15	917,42
		НС1	Ю	6,43	0,489	50	157,21	-	0,05	0,05	1,05	165,07
		ДО	Ю	29,53	1,61	50	2377,17	-	0,05	0,05	1,05	2496,02
		ПТ	-	21,4	0,224	50	239,68	-	-	-	1	239,68
		ПЛ	-	21,4	0,885	15	284,085	-	-	-	1	284,09
												4163,01
102, 105, 106, t <sub>в</sub> =20°C	Вестибюль, регистратура, гардероб	НС1	Ю	29,86	0,313	50	467,31	-	0,1	0,1	1,1	514,04
		ДО	Ю	104,28	1,61	50	8394,54	-	0,1	0,1	1,1	9233,99
		НД	Ю	7,89	1,14	50	449,73	-	0,1	0,1	1,1	494,70
		НС1	З	8,46	0,313	46	121,81	0,05	0,1	0,15	1,15	140,08
		НС2	З	12,81	0,249	50	159,48	0,05	0,1	0,15	1,15	183,41
		ДО	З	21,48	1,61	46	1590,81	0,05	0,1	0,15	1,15	1829,43
		ПТ	-	194,87	0,224	50	2182,544	-	-	-	1	2182,54
		ПЛ	-	57,4	0,885	15	761,985	-	-	-	1	761,99
												15340,18
107 t <sub>в</sub> =20°C	Касса	НС1	З	2,03	0,313	50	31,77	0,05	-	0,05	1,05	33,36
		ДО	З	9,29	1,61	50	747,85	0,05	-	0,05	1,05	785,24
		ПТ	-	8,75	0,224	50	98,00	-	-	-	1	98,00
		ПЛ	-	8,75	0,885	4	30,98	-	-	-	1	30,98
												947,57
108 t <sub>в</sub> =20°C	Администрация	НС1	З	2,16	0,313	50	33,80	0,05	-	0,05	1,05	35,49
		ДО	З	9,91	1,61	50	797,76	0,05	-	0,05	1,05	837,64
		ПТ	-	12,24	0,224	50	137,09	-	-	-	1	137,09
												1010,22

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
109 тв=20°C	Администрация	НС1	3	4,68	0,313	50	73,24	0,05	-	0,05	1,05	76,90
		ДО	3	21,48	1,61	50	1729,14	0,05	-	0,05	1,05	1815,60
		ПТ	-	21,5	0,224	50	240,80	-	-	-	1	240,80
		ПЛ	-	17,16	0,885	15	227,80	-	-	-	1	227,80
												2361,10
110 тв=18°C	Тренерская мужская	ПТ	-	10,06	0,224	48	108,17	-	-	-	1	108,17
		ПЛ	-	10,06	0,885	13	115,74	-	-	-	1	115,74
												223,91
111, тв=18°C	С/у М Тренерские	ПТ	-	3	0,224	48	32,26	-	-	-	1	32,26
		ПЛ	-	3	0,885	13	34,52	-	-	-	1	34,52
												66,77
112, тв=18°C	Тренерская женская	ПТ	-	9,84	0,224	48	105,80	-	-	-	1	105,80
		ПЛ	-	9,84	0,885	13	113,21	-	-	-	1	113,21
												219,01
113, тв=18°C	С/у Ж тренерские	ПТ	-	3	0,224	48	32,26	-	-	-	1	32,26
		ПЛ	-	3	0,885	13	34,52	-	-	-	1	34,52
												66,77
114, тв=25°C	Душевая М тренерские	ВС1	-	6,3	1,96	7	86,44	-	-	-	1	86,44
		ВС1	-	2,7	1,96	7	37,04	-	-	-	1	37,04
		ПТ	-	1,9	0,224	55	23,41	-	-	-	1	23,41
		ПЛ	-	1,9	0,885	20	33,63	-	-	-	1	33,63
												180,52
115, тв=25°C	Душевая Ж тренерские	ВС1	-	2,7	1,96	7	37,04	-	-	-	1	37,04
		ВС1	-	2,7	1,96	7	37,04	-	-	-	1	37,04
		ПТ	-	1,9	0,224	55	23,41	-	-	-	1	23,41
		ПЛ	-	1,9	0,885	20	33,63	-	-	-	1	33,63
												131,13
116, тв=25°C	Преддушевая тренерская	ВС1	-	1,5	1,96	7	20,58	-	-	-	1	20,58
		ВС1	-	2,4	1,96	7	32,93	-	-	-	1	32,93
		ПТ	-	2,6	0,224	55	32,03	-	-	-	1	32,03
		ПЛ	-	2,6	0,885	20	46,02	-	-	-	1	46,02
												131,56
117, 118, 119, тв=20°C	Ожидальная, кабинет врача, кабинет дежурной сестры	НС1	В	4,55	0,313	50	71,21	0,1	-	0,1	1,1	78,33
		ДО	В	20,86	1,61	50	1679,23	0,1	-	0,1	1,1	1847,15

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		ПТ	-	39,5	0,224	50	442,40	-	-	-	1	442,40
		ПЛ	-	39,5	0,885	15	524,36	-	-	-	1	524,36
												2892,24
120, tв=18°C	C/y	ПТ	-	5	0,224	48	53,76	-	-	-	1	53,76
		ПЛ	-	5	0,885	13	57,53	-	-	-	1	57,53
												111,29
121, tв=18°C	C/y	ПТ	-	9,8	0,224	48	105,37	-	-	-	1	105,37
												105,37
122, tв=18°C	C/y	ПТ	-	9,8	0,224	48	105,37	-	-	-	1	105,37
												105,37
123 tв=18°C	Зал подготовительных занятий	НС1а	З	35,84	0,311	48	535,02	0,05	0,05	0,1	1,1	588,52
		НС2	З	53,77	0,249	48	642,66	0,05	0,05	0,1	1,1	706,92
		ДО	З	71,86	1,61	48	5553,34	0,05	0,05	0,1	1,1	6108,67
		НД	З	2,7	1,14	48	147,74	0,05	0,05	0,1	1,1	162,52
		НС2	Ю	19,44	0,249	48	232,35	-	0,05	0,05	1,05	243,96
		НС3	С	18,54	0,214	48	190,44	0,1	0,05	0,15	1,15	219,01
		НС2	С	63	0,249	48	752,98	0,1	0,05	0,15	1,15	865,92
		ПТ	-	169,3	0,224	48	1820,31	-	-	-	1	1820,31
		ПЛ	-	169,3	0,885	13	1947,80	-	-	-	1	1947,80
												12663,65
124 tв=15°C	Инвентарная	НС2	С	2,44	0,249	45	27,34	0,1	-	0,1	1,1	30,07
		НС3	С	5,36	0,214	45	51,62	0,1	-	0,1	1,1	56,78
		ПЛ	-	8,7	0,885	10	77,00	-	-	-	1	77,00
												163,85
125 tв=25°C	Раздевалка мужская	ВС4	-	40,32	0,351	5	70,76	-	-	-	1	70,76
		ВС1	-	19,5	1,96	7	267,54	-	-	-	1	267,54
		ВС1	-	16,5	1,96	9	291,06	-	-	-	1	291,06
		ПТ	-	109,5	0,224	55	1349,04	-	-	-	1	1349,04
		ПЛ	-	109,5	0,885	10	969,08	-	-	-	1	969,08
												2947,48
126, tв=25°C	Преддушевая	ВС1	-	3,9	1,96	7	53,51	-	-	-	1	53,51
		ВС1	-	7,5	1,96	5	73,50	-	-	-	1	73,50
		ПТ	-	10,3	0,224	55	126,90	-	-	-	1	126,90
		ПЛ	-	4,06	0,885	20	71,86	-	-	-	1	71,86

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		ПЛ	-	6,24	0,885	7	38,66	-	-	-	1	38,66
												364,42
127, tв=20°C	С/у М	ПТ	-	5,4	0,224	50	60,48	-	-	-	1	60,48
		ПЛ	-	3,36	0,885	15	44,60	-	-	-	1	44,60
												105,08
128, tв=25°C	Душевая мужская	ПТ	-	13,70	0,224	55	168,78	-	-	-	1	168,78
		ПЛ	-	24,9	0,885	9	198,33	-	-	-	1	198,33
												367,11
129, tв=25°C	Душевая кабина мужская для МГН	ПТ	-	5,86	0,224	55	72,20	-	-	-	1	72,20
		ПЛ	-	5,86	0,885	20	103,72	-	-	-	1	103,72
												175,92
130 tв=25°C	Раздевалка женская	BC1	-	12	1,96	5	117,60	-	-	-	1	117,60
		BC3	-	21,9	1,32	9	260,17	-	-	-	1	260,17
		BC6	-	58,2	0,218	7	88,81	-	-	-	1	88,81
		BC5	-	7,8	0,393	10	30,65	-	-	-	1	30,65
		BC4	-	9,3	0,351	5	16,32	-	-	-	1	16,32
		ПТ	-	30,27	0,224	55	372,93	-	-	-	1	372,93
		ПЛ	-	149	0,885	20	2637,30	-	-	-	1	2637,30
												3523,79
131, tв=25°C	Преддушевая	BC1	-	5,25	1,96	5	51,45	-	-	-	1	51,45
		ПЛ	-	6,8	0,885	20	120,36	-	-	-	1	120,36
												171,81
132, tв=20°C	С/у М	ПЛ	-	5,25	0,885	15	69,69	-	-	-	1	69,69
												69,69
133, tв=25°C	Душевая женская	ПЛ	-	24,9	0,885	20	440,73	-	-	-	1	440,73
												440,73
134, tв=25°C	Душевая женская для МГН	ПТ	-	5,86	0,224	55	72,20	-	-	-	1	72,20
		ПЛ	-	5,86	0,885	20	103,72	-	-	-	1	103,72
												175,92
135 tв=28°C	Бассейн	HC2	Ю	93,36	0,249	58	1348,31	-	0,05	0,05	1,05	1415,72
		HC1	В	63,22	0,313	58	1147,70	0,1	0,05	0,15	1,15	1319,85
		HC2	В	87	0,249	58	1256,45	0,1	0,05	0,15	1,15	1444,92
		ДО	В	90,19	1,61	58	8421,94	0,1	0,05	0,15	1,15	9685,23

Продолжение таблицы 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		НС3	С	47,09	0,214	58	584,48	0,1	0,05	0,15	1,15	672,15
		НС2	С	160,02	0,249	58	2311,01	0,1	0,05	0,15	1,15	2657,66
		НС2	З	37,89	0,249	58	547,21	0,05	0,05	0,1	1,1	601,93
		ВС1	-	6,25	1,96	8	98,00	-	0,05	0,05	1,05	102,90
		ВС3	-	9,00	1,51	12	163,08	-	-	-	1	163,08
		ПТ	-	683,43	0,226	58	8958,40	-	-	-	1	8958,40
		ПЛ	-	174,73	0,885	12	1855,63	-	-	-	1	1855,63
											28877,48	
136, тв=25°С	Инвентарная	ВС	-	14,4	1,96	5	141,12	-	-	-	1	141,12
		ВС	-	7,68	1,96	5	75,26	-	-	-	1	75,26
		ПТ	-	11	0,224	55	135,52	-	-	-	1	135,52
		ПЛ	-	11	0,885	20	194,70	-	-	-	1	194,70
											546,60	
137, тв=25°С	Место хранения колясок	ПЛ	-	13,82	0,885	20	244,61	-	-	-	1	244,61
											244,61	
138-139, 203 тв=16°С	Лестничная клетка	НС2	С	54,31	0,249	46	622,07	0,1	-	0,1	1,1	684,27
		ДО	С	7,17	1,61	46	531,01	0,1	-	0,1	1,1	584,11
		НД	С	5,52	1,14	46	289,47	0,1	-	0,1	1,1	318,42
											1586,80	
201 тв=16°С	Венткамера	НС2	Ю	33,07	0,249	46	378,78	-	-	-	1	378,78
		ПТ	-	120,7	0,224	46	1243,69	-	-	-	1	1243,69
											1622,48	
202 тв=16°С	Технический балкон	ПТ	-	64,9	0,224	46	668,73	-	-	-	1	668,73
											668,73	
204 тв=16°С	Воздухозаборная камера	ПТ	-	14,7	0,224	46	151,47	-	-	-	1	151,47
		НС2	С	8,23	0,249	46	94,27	0,1	-	0,1	1,1	103,69
											255,16	
											102582,67	

$$Q_{от} = 102582,67 \cdot 1,05 = 107711,8 \text{ Вт}$$

Вывод: В данном разделе были произведены расчеты и найдены приведенное сопротивление теплопередаче, коэффициенты теплопередач нескольких типов наружных стен, внутренних стен, полов, потолков, окон, дверей. Были найдены общие теплотери здания крытого плавательного бассейна с учетом добавочных теплотерь, что составило 108 кВт.

## **4 Системы обеспечения микроклимата**

### **4.1 Отопление**

#### **4.1.1 Обоснование принятых систем и принципиальных решений по отоплению**

Для отопления здания крытого плавательного бассейна запроектирована двухтрубная система с нижней разводкой, система разделена на ветки с тупиковым движением воды и числом отопительных приборов 4-5 шт.

Длина отопительных приборов определяется расчетом и принимается не менее 50% длины светового проема.

Отопительные приборы, как правило, размещаются под окнами и у наружных стен. В зале подготовительных занятий и на пути эвакуации отопительные приборы установлены в нише с укрытием и не выступают из плоскости стен. В лестничной клетке отопительный прибор установлен на высоте 2,2 м от пола. Отопительные приборы, устанавливаются в раздевалках на полу и выполняются с укрытием. При установке отопительного прибора с укрытием и при установке у остекления предусматривается термоэлемент с выносным датчиком. Помещение бассейна оборудуется системой водяного отопления, полностью снимающей тепловые потери помещения.

Для предотвращения влаги на внутренней поверхности окон, отопительные приборы устанавливаются под окнами на отметке 2,26, с тем, чтобы внутренняя поверхность стекол была нагрета и отопительные приборы не выступали из плоскости стен на высоту до 2 м от пола.

В качестве нагревательных приборов приняты биметаллические секционные радиаторы «Сантехпром БМ». На подводках к нагревательным приборам устанавливаются термостатические клапаны (предназначенные для двухтрубных систем – с преднастройкой и повышенным сопротивлением) в комплекте с термостатическими головками для обеспечения автоматического регулирования RA-N (фирмы Danfoss) запорные клапаны RLV (фирмы Danfoss)

и на обратных подводках. Для отопительных приборов, установленных в нишах, на терморегуляторах используются термостатические элементы дистанционного управления и устанавливаются на высоте 1,5 м от пола.

Здание бассейна малоэтажное (до 3-х этажей), поэтому на стояках вертикальных двухтрубных систем отопления отключающая арматура не предусматривается, в связи с нецелесообразностью. Возможность отключения и слива предусматривается из отопительного прибора с помощью запорного клапана RLV со штуцером. Отключение и слив воды из системы отопления в сезонной эксплуатации, а также для опорожнения в экстремальной ситуации предусматривается:

- на магистральных ветках системы – через предусмотренные сливные краны;

- всей системы – через сливные краны и дренажные трубопроводы в ИТП.

Для удаления воздуха, на верхних отопительных приборах, устанавливаются ручные воздухоотводчики. На магистральных трубопроводах в верхних точках предусматривается установка автоматических воздухоотводчиков.

Чаша бассейна цельнометаллическая, для предотвращения потерь тепла через стенки чаши, техническое помещение под бассейном отапливается до +16 °С. Для технических помещений «в качестве отопительных приборов принимаются приборы из гладких стальных электросварных труб. На подводках к отопительным приборам, для возможности отключения и опорожнения, предусматриваются шаровые краны.

Для гидравлической и тепловой устойчивости системы отопления предусматривается» [40]:

1. При тупиковом движении воды – система разбивается на ветки с числом стояков не более 5;
2. Автоматическое регулирование и контроль температуры и давления в ИТП;
3. Установка насоса с частотным преобразователем в ИТП.

В помещении бассейна предусматривается обогрев обходных дорожек. Средняя температура обходных дорожек принимается +31 °С. Расчетная температура теплоносителя в системе отопления обходных дорожек составит 40-35 °С. Регулирование температуры на поверхности обходных дорожек осуществляется по температуре подающего потока, которая поддерживается регулирующим клапаном, циркуляционным насосом и датчиком температуры, установленным на подающем трубопроводе. Узел смешения обходных дорожек располагается в ИТП.

Трубопроводы для систем отопления и теплоснабжения приняты диаметром от 15 до 40 мм стальные водогазопроводные [15], для диаметров 50 мм и выше электросварные по [13]. Для теплого пола приняты трубы Uropog eval-PEX серия S5 из сшитого полиэтилена.

Для предотвращения ожогов, трубопроводы системы отопления (магистраль, стояки), проложенные открыто изолируются цилиндрами Rockwool, кашированными алюминиевой фольгой. Изолируемые трубопроводы должны быть очищены до металлического блеска с последующим нанесением антикоррозионного покрытия по грунтовке.

Магистральные трубопроводы проложены с уклоном 0,003 мм.

#### **4.1.2 Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления**

Гидравлический расчет трубопроводов ведем для наиболее нагруженной и протяженной ветви системы отопления.

1. Разбиваем ветвь на участки.
2. На аксонометрической схеме проставляем номер его участка, длину и тепловую нагрузку.
3. «Определяем расчетное циркуляционное давление  $\Sigma\Delta P_p$ , Па по формуле:

$$\Delta P_p = \Delta P_n + 0,4\Delta P_E, \text{ Па} \quad (4.1)$$

где  $\Delta P_n$  – давление, создаваемое насосом, принимаемое 12 кПа;

$\Delta P_E$  – естественное циркуляционное давление, возникающее в расчетном кольце:

$$\Delta P_E = \beta \cdot g \cdot h \cdot (t_{\Gamma} - t_0), \text{ Па} \quad (4.2)$$

где  $\beta$  – среднее приращение плотности при понижении воды на 1 °С (при разности температур  $t_{\Gamma} - t_0 = 95 - 70^{\circ}\text{C}$ ,  $\beta = 0,64$ );

$h$  – вертикальное расстояние между уловным центром охлаждения в отопительном приборе на нижнем этаже и центром нагревания в системе – ось насоса, м.

4. Находим средние удельные потери давления на трение:

$$R_{\text{ср}} = \frac{0,65 \cdot \Delta P_p}{\Sigma l}, \text{ Па/м} \quad (4.3)$$

где 0,65 – коэффициент, учитывающий, что 65% располагаемого давления расходуется на преодоление линейных потерь;

5. Рассчитываем расход воды на участках:

$$Gi = \frac{3,6 \cdot Qi \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_{\Gamma} - t_0)}, \text{ кг/ч}, \quad (4.4)$$

где  $Qi$  – тепловая нагрузка соответствующего участка, Вт;

$c$  – удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг К)» [23];

$\beta_1$  – «коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины, принимается по» [29, прил.12], ( $\beta_1=1,04$ );

$\beta_2$  – «коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений, принимается по» [29, прил.12], ( $\beta_2=1,02$ );

6. «По  $R_{cp}$  и  $G_{уч}$  по [43, прил.10] подбираются возможные диаметры трубопровода для расчетного кольца. Для этого диаметра при данном расходе устанавливается фактическое  $R$  и соответствующая данному режиму скорость.
7. Для каждого участка находим сумму коэффициентов местных сопротивлений ( $\Sigma\xi$ ) по [43, прил.9].
8. Определяем общие потери давления в расчетном кольце по формуле:

$$P_{уч} = R \cdot l + Z, \text{ Па}, \quad (4.5)$$

где  $Z$  – потери давлений в местных сопротивлениях трубопроводов:

$$Z = \Sigma\xi \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}, \text{ Па} \quad (4.6)$$

9. Потери давления в главном циркуляционном кольце сравнивают с располагаемым перепадом давления:

$$\frac{\Delta P_p - \Delta P_{уч}}{\Delta P_p} \cdot 100\% \leq 10\% \quad (4.7)$$

Запас располагаемого давления необходим на случай неучтенных в расчете гидравлических сопротивлений» [23].

Гидравлический расчет представлен в таблице 4.1.

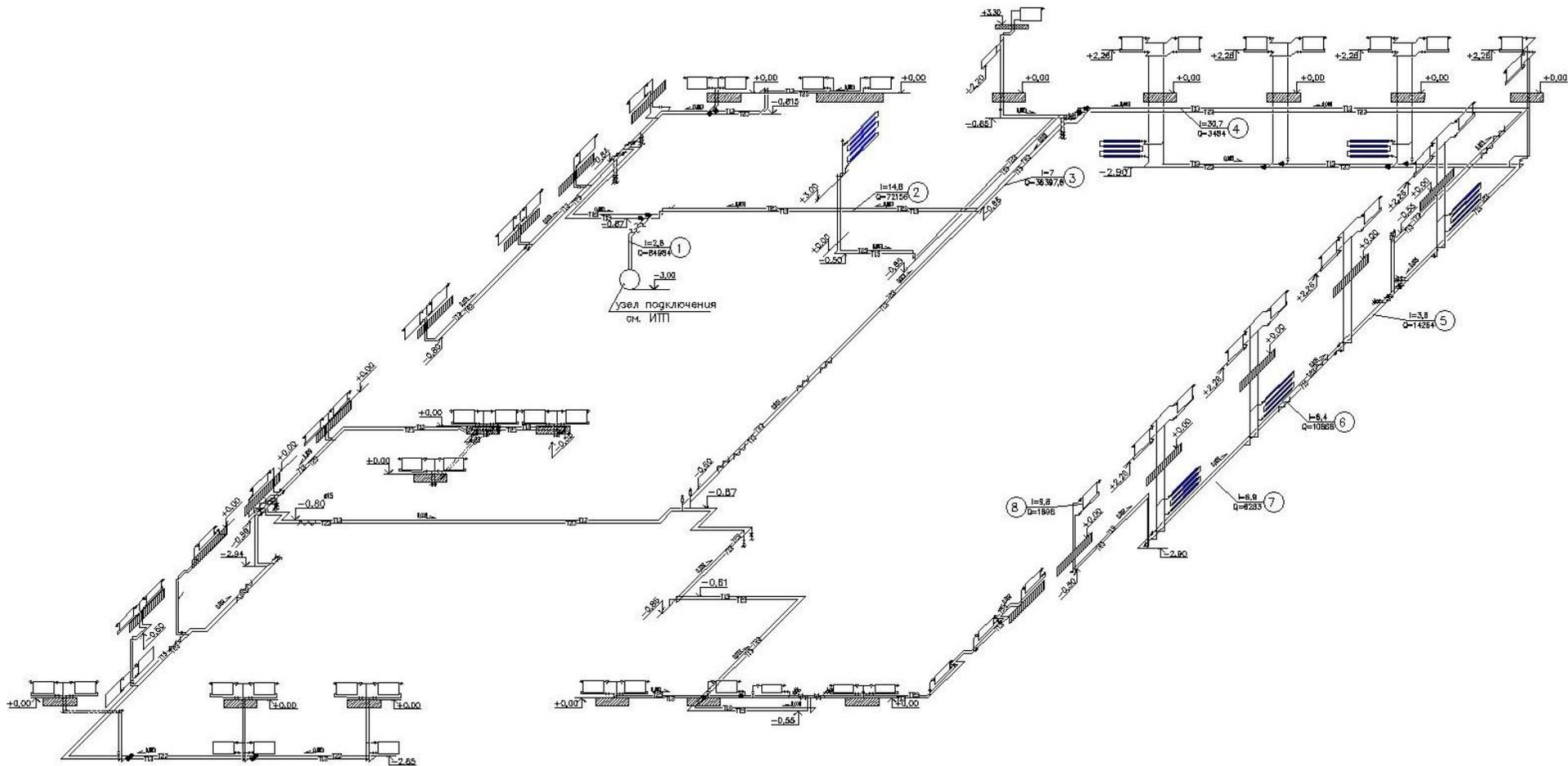


Рисунок 4 – Схема системы отопления

Таблица 4.1 – Гидравлический расчет циркуляционного кольца

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	R <sub>ср</sub> , Па/м	d, мм	R <sub>ф</sub> , Па/м	v, м/с	R*I, Па	v <sup>2</sup> *ρ/2	Σξ	Z, Па	Rl+Z, Па
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
					ГЦК	16408,85						
1	84983,83	3100,483	2,8	69,1683	50	50	0,422	140	89,042	1	89,042	229,042
2	72156,08	2632,485	14,8	69,1683	40	120	0,563	1776	158,4845	2	316,969	2092,969
3	36397,8	1327,909	7	69,1683	32	65	0,365	455	66,6125	3	199,8375	654,8375
4	34811	1270,017	30,7	69,1683	32	60	0,352	1842	61,952	3	185,856	2027,856
5	14264	520,3965	3,6	69,1683	25	48	0,253	172,8	32,0045	1	32,0045	204,8045
6	10868	396,4995	6,4	69,1683	20	90	0,312	576	48,672	1	48,672	624,672
7	6283	229,224	6,9	69,1683	20	30	0,177	207	15,6645	1	15,6645	222,6645
8	1698	61,94849	9,8	69,1683	15	12	0,093	117,6	4,3245	10,5	45,40725	163,0073
7'	6283	229,224	6,9	69,1683	20	30	0,177	207	15,6645	1	15,6645	222,6645
6'	10868	396,4995	6,4	69,1683	20	90	0,312	576	48,672	1	48,672	624,672
5'	14264	520,3965	3,6	69,1683	25	48	0,253	172,8	32,0045	1	32,0045	204,8045
4'	34811	1270,017	30,7	69,1683	32	60	0,352	1842	61,952	3	185,856	2027,856
3'	36397,8	1327,909	7	69,1683	32	65	0,365	455	66,6125	3	199,8375	654,8375
2'	72156,08	2632,485	14,8	69,1683	40	120	0,563	1776	158,4845	2	316,969	2092,969
1'	84983,83	3100,483	2,8	69,1683	50	50	0,422	140	89,042	1	89,042	229,042
			<b>154,2</b>									<b>12276,7</b>

Вывод: В данном разделе предоставлен расчет главного циркуляционного кольца, гидравлический расчет остальных систем выполнен аналогично, полученные результаты представлены на чертеже.

### 4.1.3 Расчет воздушно-тепловой завесы

Необходимо рассчитать воздушно-тепловую завесу для главного входа в здание бассейна.

Исходные данные:  $t_n = -30^\circ\text{C}$ ;  $\rho_n = 1,45 \text{ кг/м}^3$ ;  $t_b = 20^\circ\text{C}$ ;  $\rho_b = 1,2 \text{ кг/м}^3$ ;  $t_{cm} = 12^\circ\text{C}$ ;  $h_{дв} = 2,5 \text{ м}$ ;  $h_{эт} = 3,2 \text{ м}$ ;  $F_{вх} = 4,4 \text{ м}^2$ ;  $n = 64 \text{ чел/ч}$ .

Находим значение  $h_{расч}$  по формуле:

$$h_{расч} = 0,5 \cdot (2 h_{эт} - h_{дв}), \text{ м} \quad (4.8)$$

$$h_{расч} = 0,5 \cdot (2 \cdot 3,2 - 2,5) = 1,95 \text{ м}$$

Определяем разность давлений по формуле:

$$\Delta p = 9,8 \cdot h_{расч} \cdot (\rho_n - \rho_b) \quad (4.9)$$

$$\Delta p = 9,8 \cdot 1,95 \cdot (1,45 - 1,2) = 4,78 \text{ Па}$$

Общий расход воздуха воздушно-тепловой завесы  $G_3$  определяем по формуле:

$$G_3 = 5100 \cdot k_2 \cdot \mu_{вх} \cdot F_{вх} (t_{cm} - t_n) \sqrt{\Delta p} \cdot \rho_n / (t_3 - t_{cm}) \quad (4.10)$$

$k_2$  – поправочный коэффициент для учета числа проходящих людей, места забора воздуха для завесы и типа вестибюля определяем по [табл. 7.5, 12],

$k_2 = 0,04$ ;

$\mu_{вх}$  – коэффициент расхода, зависящий от конструкции входа определяем по [табл. 7.5, 12],  $\mu_{вх} = 0,65$ .

$$G_3 = 5100 \cdot 0,04 \cdot 0,65 \cdot 4,425 \cdot (12 + 30) \sqrt{4,78} \cdot 1,45 / (50 - 12) = 1706 \text{ кг/ч.}$$

.Вычисляем требуемую суммарную тепловую мощность калориферов завесы

$Q_3$  по формуле:

$$Q_3 = A \cdot G_3 \cdot (t_3 - t_{\text{нач}}), \quad (4.11)$$

где  $A=0,28$  –коэффициент.

$$Q_3 = 0,28 \cdot 1706 \cdot (50 - 12) = 18152 \text{ Вт}$$

По расчетным данным подбираем воздушно-тепловую завесу «Комфорт» серии 300W завод изготовитель НПО «ТЕПЛОМАШ».

**Вывод:** В данном разделе были приняты принципиальные решения по отоплению, сделан гидравлический расчет, подобран насос фирмы Grundfos. А также предусмотрены мероприятия по энергоэффективности: в ИТП предусмотрено автоматическое регулирование параметров теплоносителя, в системе отопления предусмотрены терморегуляторы, для снижения потерь тепловой энергии на трубопроводах отопления и теплоснабжения калориферов и ВТЗ предусмотрена тепловая изоляция. Также был сделан расчет воздушно-тепловой завесы, по общему расходу воздуха воздушно-тепловой завесы была вычислена суммарная тепловая мощность завесы и по полученным данным была подобрана воздушно тепловая завеса НПО «ТЕПЛОМАШ».

## 4.2 Вентиляция

Вентиляция здания бассейна приточно-вытяжная с механическим побуждением и естественным.

Системы общеобменной вентиляции предусмотрены отдельными для помещений разного функционального назначения, класса функциональной пожарной опасности, режимов и одновременности работы.

Самостоятельные приточные системы предусматриваются:

- для помещения бассейна (ПВ1, ПР1);
- для зала подготовительных занятий (ПВ2);
- для раздевалок (ПЗ);
- для административно-бытовых помещений и тренерских (П-4);
- для озонаторной (П5,5\*);
- для периодического проветривания помещений водоподготовки, ИТП и других технических помещений подвала (П6).

Приточные установки расположены в венткамере подвального этажа на отм.-3,00 и в венткамере на отм.+3,00. Низ воздухозаборных решеток размещен на высоте не менее 2м от земли.

Самостоятельные вытяжные системы предусматриваются:

- для помещения бассейна (ПВ1, ПР1);
- для зала для подготовительных занятий (ПВ2);
- для санузлов и душевых (В3, В8, В16, В17,18,19);
- для административно-бытовых помещений и тренерских (В-4);
- для озонаторной (В5,5\*);
- для помещения водоподготовки (В6);
- для помещения для хранения реагентов (В7);
- для комнаты приема пищи (В9);
- для мастерской по ремонту оборудования и помещения для хранения и ремонта светильников и электрооборудования (В10);
- для помещения для прокладки инженерных коммуникаций (ВЕ11);
- для технического помещения под ванной бассейна (В12);
- для ИТП (В13);
- для помещения охраны (В15);
- для электросчетовой (ВЕ1);
- для инвентарных (ВЕ2, ВЕ4);
- для помещения уборочного инвентаря (ВЕ3).

Вытяжные вентиляторы В3, В4, В6, В16 предусмотрены крышные (КМП «Климатвентмаш») с установкой на кровле. Для установки предусмотрены монтажные стаканы с шумоглушителями СКШ. В остальных помещениях для вытяжки предусмотрены канальные вентиляторы серии ЕС (OSTBERG), которые оборудованы электронно-коммутируемым двигателем (ЕС-двигателем) и осевые IN (O.ERRE). Канальные и осевые вентиляторы устанавливаются под потолком обслуживаемого помещения или в коридоре. Для помещений с постоянным пребыванием людей предусматриваются канальные вентиляторы в изолированном корпусе, что обеспечивает низкие шумовые характеристики.

Шахты вытяжной вентиляции выступают над кровлей на высоту не менее 1,5м.

Бассейн, согласно технологии, без мест для зрителей, работает круглогодично, число пловцов - 64. Воздухообмен в помещении бассейна рассчитан на ассимиляцию тепло-влагоизбытков. Для поддержания расчетных параметров температуры и влажности  $t_{в}=28$  °С,  $\phi=60\%$  в автоматическом режиме предусматривается приточно-вытяжная установка ПВ1 и конденсационный осушитель ПР1. При аварийном отключении одной из систем предусматривается включение другой.

Производительность системы ПВ1 рассчитана по переходному периоду, для холодного периода предусматривается рециркуляция – с расходом наружного воздуха не менее санитарной нормы на человека - 80м<sup>3</sup>/ч. Для летнего периода предусматривается совместная работа системы ПВ1 и ПР1.

Также предусматривается работа вентиляционных установок в двух режимах:

- в нерабочее время - работает только осушитель (система ПР1);
- в рабочее время:
  - 1) работает система ПВ1 –для холодного и переходного периода;
  - 2) работает система ПВ1+ПР1 –для летнего периода.

Производительность осушителя (система ПР1) рассчитана на удаление оставшейся влаги для летнего периода, другая часть влаги ассимилируется приточно-вытяжной установкой ПВ1. В состав системы ПР1 включена установка нагревателя, предусмотренного для обогрева помещения бассейна в переходный период (отопление отключено) в ночное время, когда теплопоступления отсутствуют. Включение системы осуществляется автоматически от датчика влажности, установленного в помещении бассейна.

Т.к. воздухообмен приточно-вытяжной системы ПВ1 рассчитан по переходному периоду, для летнего периода выполнен пересчет параметров приточного воздуха  $t_{пр}=19\text{ }^{\circ}\text{C}$  – требуется охлаждение. Для летнего периода предусматривается секция фреонового охлаждения, компрессорно-конденсаторный блок с осевым вентилятором установлен на кровле (система К2).

Для здания крытого плавательного бассейна с мокрым режимом предусматривается баланс между расходами приточного и вытяжного воздуха. В целях исключения образования застойных зон предусматривается в помещении бассейна преобладание вытяжки над притоком в объеме дисбаланса, что не превышает 0,5 кратного воздухообмена.

Для обеспечения подвижности воздуха в залах ванн бассейна не более 0,2м/с предусматривается раздача воздуха низкоскоростными воздухораздающими устройствами ВНП (Арктос) в рабочую зону, низ воздухораздающих устройств на высоте 2м от пола. Удаление осуществляется под потолком помещения бассейна, диффузоры размещены равномерно над поверхностью чаши бассейна.

Здание крытого бассейна имеет витражное остекление, большая площадь остекления создает условия для мощного потока солнечной радиации, тепловая напряженность составляет более 23 Вт/м<sup>3</sup>. Обеспечение допустимых параметров микроклимата с помощью вентиляции экономически нецелесообразно. Для административно-бытовых помещений и зала подготовительных занятий предусматривается мультizonальная

система кондиционирования (система K1). Наружный блок (K1.1) с работой на холод и тепло (для переходного периода) установлен на кровле и имеет высокоэффективный компрессор DC-инвертор, внутренние блоки настенного типа (K1.2-1.18) со встроенным расширительным клапаном (ТРВ) и имеют электронную системы управления.

Холодоснабжение – хладагент R410A.

Сплит-системы являются одним из наиболее простых и дешевых способов охлаждения внутреннего воздуха и в полной мере соответствуют типичным требования заказчикам:

- независимое индивидуальное поддержание комфортных параметров в каждом помещении;
- компактность системы;
- экономичность в эксплуатации;
- удобство управления;
- высочайшая степень заводской готовности;
- минимизация монтажных и пусконаладочных работ.

Трубопроводы холодоснабжения прокладываются открыто в тепловой изоляции – Therma ECO (Thermafex) б=6 мм. Трубопроводы выполнены из медных труб.

Озонаторная оборудована принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с 6-ти кратным воздухообменом в 1 ч. Вентиляция постоянно действующая (П5), предусматривается резервирование (П5\*). Для аварийной вентиляции используется общеобменная вентиляция с резервированием (П5,5\*).

Вытяжная система также снабжена резервным вентилятором, заблокированным с рабочим (В5,5\*). В помещении озонаторной установлены газоанализаторы, которые обеспечивают автоматическое включение звуковой и световой сигнализации, оповещая о наличии в помещении опасных концентраций озона.

Для вытяжки из озонаторной предусматривается канальный вытяжной вентилятор (В5,5\*) коррозионностойкого исполнения с размещением двигателя вне воздушного канала, что предохраняет его от воздействия нежелательных примесей воздушного потока.

Предусматривается электроснабжение и автоматизация:

- 1) включение резервного оборудования при выходе из строя основного;
- 2) включение систем аварийной вентиляции при содержании озона в рабочем помещении равном 50% ПДК от датчиков газоанализатора.

Вентиляционные агрегаты размещены вне помещения озонаторной. Управление агрегатами осуществляют дистанционно от пусковых устройств, устанавливаемых непосредственно у входа в помещение озонаторной.

Для административно-бытовых и других помещений расчет воздухообменов произведен по кратности в соответствии с существующими нормами и правилами и в соответствии с назначением помещений (см.таблицу воздухообменов 4.2).

Воздух общеобменной вентиляции в помещениях подается и удаляется через регулируемые решетки фирмы Арктос со встроенным регулятором расхода воздуха.

Для подачи теплоносителя к нагревателям предусмотрена система теплоснабжения вентустановок. Теплоноситель из ИТП с постоянными параметрами 150-70 °С поступает к смесительным узлам вентустановок. Смесительные узлы (далее СУ) одобрены и поставляются производителем вентоборудования. В состав СУ в том числе входит циркуляционный насос и 3-ходовый клапан, обеспечивающие требуемые параметры теплоносителя через теплообменник.

При температуре наружного воздуха зимой ниже -20 °С в тамбуре основного входа плавательного бассейна предусмотрена установка воздушно-тепловых завес, согласно [27]. Воздушно-тепловая завеса

«Комфорт» серия 300W (Тепломаш) имеет водяной источник тепла и рассчитана для работы, как в периодическом, так и в непрерывном режиме.

Управление ВТЗ осуществляется с выносного или дистанционного пульта управления. В выносном пульте находится датчик температуры окружающего воздуха и термостат, пульт управления должен быть установлен в том же помещении, что и завеса. Имеется возможность подключения внешних выключателей (датчик положения двери). Регулируется скорость вращения вентилятора и производительность водяного теплообменника в зависимости от температуры в помещении, а при подключении внешних выключателей также в зависимости и от положения двери (открыта или закрыта).

Для регулирования расхода теплоносителя через завесу предусматривается установка смесительного узла (Тепломаш 4Н).

Принцип работы смесительного узла заключается в следующем: «температура теплоносителя регулируется смешением жидкости, поступающей из сети, с отработанной, поступающей из теплообменника через обратный клапан. Соотношение этих расходов регулируется трехходовым клапаном с электроприводом, в зависимости от температуры приточного воздуха на выходе из теплообменника. Качественная схема позволяет поддерживать температуру нагретого воздуха близко к постоянной заданной величине, насос будет способствовать повышению расхода теплоносителя через теплообменник и защитит от замораживания» [21].

Трубопроводы теплоснабжения вентустановок и ВТЗ прокладываются открыто в тепловой изоляции  $b=30$  мм. Трубопроводы выполнены из стальных труб  $Dy<50$ мм из стальных водогазопроводных по [15]  $Dy>50$ мм из стальных электросварных прямошовных труб по [13].

Для предотвращения распространения продуктов горения при пожаре в помещения различных этажей по воздуховодам систем общеобменной вентиляции предусмотрена установка противопожарных нормально

открытых клапанов – на поэтажных сборных воздуховодах в местах присоединения их к вертикальному коллектору [п.6.10(а), 40].

Транзитные воздуховоды в общих шахтах с ограждающими конструкциями, имеющими предел огнестойкости не менее EI 45, выполняются из негорючих материалов с пределом огнестойкости ниже нормируемого [п.6.18(в), 40].

«Противодымная вентиляция:

Система приточно-вытяжной противодымной вентиляции Объекта защиты предусмотрена для блокирования и ограничения распространения продуктов горения:

- по путям эвакуации людей.

Предусмотренные проектом системы приточной противодымной вентиляции применяются только в необходимом сочетании с системами вытяжной противодымной вентиляции» [40].

#### **4.2.1 Расчет воздухообменов**

Расчет воздухообмена для помещения с ванной бассейна

Район строительства: Самарская область, г. Тольятти

Геометрические размеры и площадь ванны бассейна:  $16 \times 25 \text{ м} = 400 \text{ м}^2$

Площадь обходных дорожек:  $F = 686,52 \text{ м}^2$ ,  $h = 7,28 \text{ м}$

Число пловцов:  $N = 64$  человек

Температура воды:  $t_w = 27^\circ\text{C}$

Температура воздуха рабочей зоны:  $t_{в} = 28^\circ\text{C}$

Теплый период:  $t_n = 28,5^\circ\text{C}$ ,  $J_n = 52,8 \text{ кДж/кг}$ ,  $d_n = 9,3 \text{ г/кг с.в.}$ ,  $\varphi = 63\%$

Холодный период:  $t_n = -30^\circ\text{C}$ ,  $J_n = -29,8 \text{ кДж/кг}$ ,  $d_n = 0,1 \text{ г/кг с.в.}$ ,  $\varphi = 84\%$

Тепловые потери помещения:  $28877,48 \text{ Вт}$

Поступление влаги:

Влаговыведения с зеркала воды  $W_B$ , кг/ч, рассчитывают по формуле:

$$W_B = \beta_b / R_d T \cdot (p_{D.W} - p_{D.L}) \cdot A_b, \quad (4.12)$$

где  $\beta_b$  – интенсивность влаговыведений, определяется по [26, табл.4],  $\beta_b = 40 \text{ м/ч}$ ;

« $R_D$  – газовая постоянная, Дж/(кг·К), принимают для водяного пара  $R_D=461,52$  Дж/(кг·К);

$T$  – среднее арифметическое температур воды  $t_w$  и воздуха  $t_b$ , К,  $T=300,5$ К;

$p_{D.W}$  – давление водяных паров насыщенного воздуха при температуре воздуха, равной заданной температуре воды, Па, принимаем по» [26, табл.5];

$p_{D.L}$  – парциальное давление водяных паров, Па, определяем по формуле:

$$p_{D.L} = \varphi p_{D.W} / 100, \quad (4.13)$$

где  $\varphi$  – относительная влажность воздуха, %;

$A_b$  – площадь зеркала воды, м<sup>2</sup>.

$$p_{D.L} = (60 \cdot 3782) / 100 = 2269 \text{ Па}$$

$$W_B = 40 / (461,52 \cdot 300,5) \cdot (3363 - 2269) \cdot 400 = 126,2 \text{ кг/ч}$$

Для нерабочего времени влаговыделения с зеркала воды  $W_{BH}$ , кг/ч, (при  $\beta_U=7$  м/ч) вычисляем по формуле:

$$W_B = 7 / (461,52 \cdot 300,5) \cdot (3363 - 2269) \cdot 400 = 22,1 \text{ кг/ч}$$

Влаговыделения с обходных дорожек рассчитываем по формуле:

$$W_{од} = 0,006(t_b - t_{wb}) \cdot A_p, \quad (4.14)$$

где  $t_b$  – температура воздуха в помещении по сухому термометру, °С;

$t_{wb}$  – температура воздуха по мокрому термометру, определяем по Id-диаграмме;

$A_p$  – площадь влажной поверхности вокруг ванны бассейна,  $m^2$ .

$$W_{од} = 0,006(28 - 22) \cdot 282,74 = 10,18 \text{ кг/ч}$$

Суммарное значение влаговыделений для рабочего времени бассейна составляет:

$$\Sigma W = 126,2 + 10,18 = 136,4 \text{ кг/ч}$$

Влагосодержание наружного воздуха,  $г/кг$  с.в. определяем по формуле:

$$d_n = 0,622 (P_{d.a}) / (P_v - P_{d.a}) \cdot 103 \quad (4.15)$$

где  $P_{d.a}$  – парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, данные о среднемесечном парциальном давлении водяного пара для Самарской обл. выбираем по [30, табл.5а];

$P_v$  – барометрическое давление, Па.

$$d_n = 0,622 \cdot 1470 / (99500 - 1470) \cdot 103 = 9,3 \text{ г/кг с.в.}$$

Влагосодержание наружного воздуха  $d_n = 9,3$   $г/кг$  с.в., влагосодержание воздуха в помещении  $d_v = 14,3$   $г/кг$  с.в. Массовый расход наружного воздуха в помещении, необходимый для ассимиляции влаги, выделяющейся в помещении бассейна,  $M_{A.S}$ ,  $кг/ч$  определяем по формуле:

$$M_{A.S} = \Sigma W / (d_v - d_n) \cdot 103, \quad (4.16)$$

$$M_{A.S} = 136,4 / (14,3 - 9,3) \cdot 103 = 27280 \text{ кг/ч}$$

$$L = 27280 / 1,21 = 22550 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

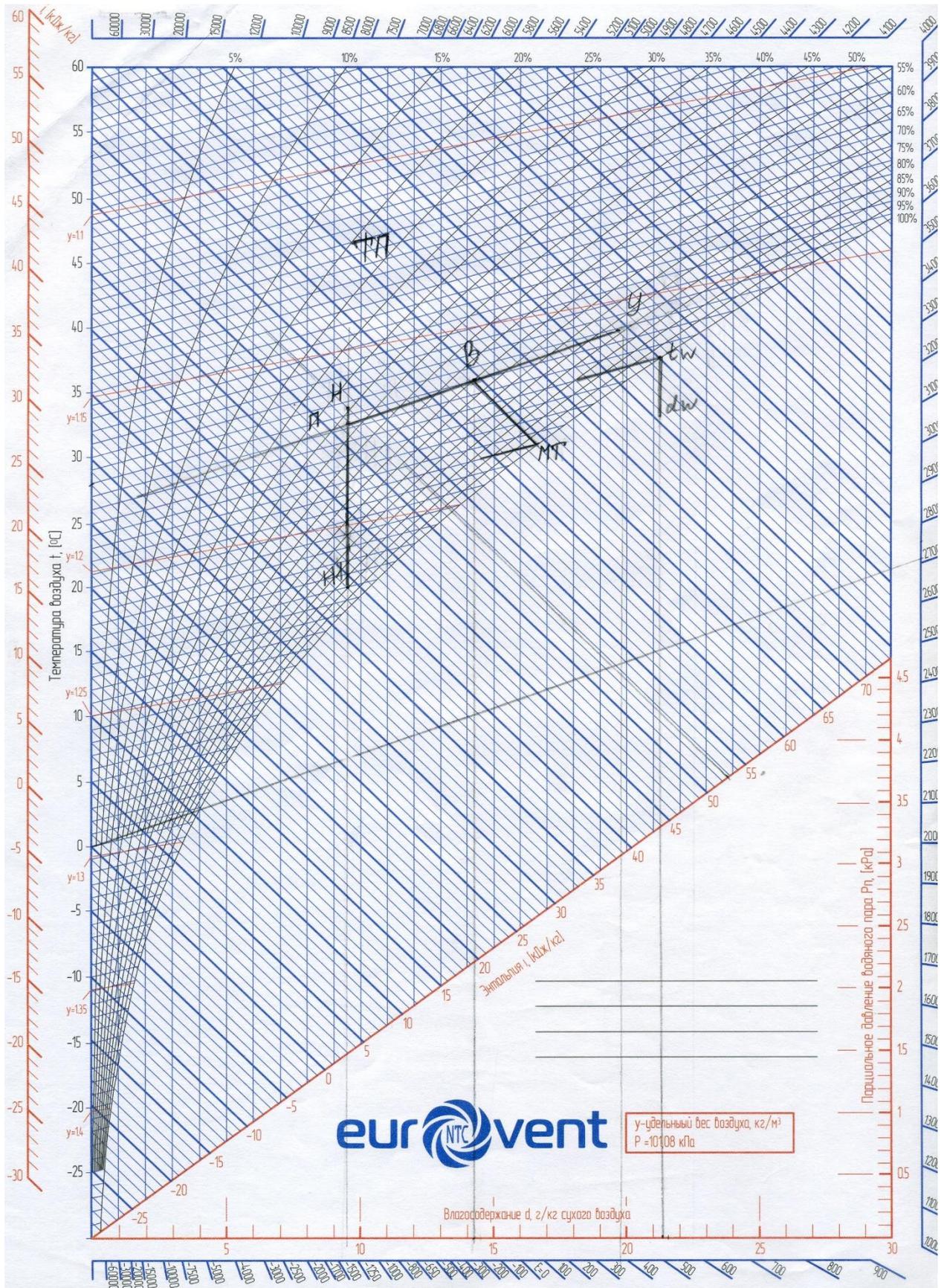


Рисунок 5 – Построение процесса на I-d диаграмме теплый период

#### 4.2.2 «Определение воздухообмена по кратности

Расход вентилируемого воздуха по нормируемой кратности, м<sup>3</sup>/ч, рассчитывается по формуле:

$$L = k \cdot V, \quad (4.17)$$

где  $k$  – кратность воздухообмена, ч<sup>-1</sup>;

$V$  – внутренний объем помещения» [18], м<sup>3</sup>.

Значения кратностей воздухообмена  $k$ , ч<sup>-1</sup>, для помещений по притоку и вытяжке принимаем согласно СП [34], СанПиН [27].

Результаты расчета воздухообменов сводим в таблицу воздушного балан-са (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Воздушный баланс

Номер помещения	Наименование помещения	Тем-пература воздуха, t <sub>в</sub> , °С	Объем помещения, V, м <sup>3</sup>	Приток		Вытяжка	
				k, ч <sup>-1</sup>	L, м <sup>3</sup> /ч	k, ч <sup>-1</sup>	L, м <sup>3</sup> /ч
1	2	3	4	5	6	7	8
001	Лестничная клетка	16	-	-	-	-	-
002	Электрощитовая	5	55,4	-	-	1	60
003	ИТП	5	132,63	-	-	2	265
004	Зона водомерного узла	5	-	-	-	-	-
005	Мастерская по ремонту оборудования	16	81,125	2	165	3	245
006	Помещение для хранения и ремонта светильников и электрооборудования	16	67,925	-	-	2	135
007	Комната приема пищи	18	28,13	3	85	3	85
008	Комната персонала	18	57,2	2	115	3	175
009	С/у и душевая персонала	25	17,105	-	-	75 м <sup>3</sup> /ч на одну сетку 50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	125
010	Тамбур шлюз	-	-	-	-	-	-
011	Лестница	16	-	-	-	--	-

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
012	Помещение для хранения реагентов (хлор)	5	71,225	-	-	2	145
013	Помещение озонаторной	16	90,735	6	545	6	545
014	Помещение водоподготовки	5	713,67	2	1430	3	2145
015	Помещение для прокладки инженерных коммуникаций	5	1051,68	-	-	0,5	530
016	Помещение для прокладки инженерных коммуникаций	16	442,375	-	-	0,5	225
017	Коридор	16	-	-	-	-	-
018	Венткамера	16	-	-	-	-	-
019	Коридор	16	-	-	-	-	-
020	Коридор	16	-	-	-	-	-
101	Тамбур	-	-	-	-	-	-
102	Вестибюль	20	507,52	2	1020	-	-
103	КУИ	20	30,08	2	60	-	-
104	Помещение охраны	20	68,48	3	210	2	140
105	Регистратура	20	47,904	2	95	-	-
106	Гардероб	16	68,16	-	-	2	140
107	Касса	20	28	3	85	2	60
108	Администрация	20	39,168	3	120	2	80
109	Администрация	20	68,8	3	210	2	140
110	Тренерская мужская	18	30,18	3	95	2	65
111	С/у М тренерские	18	9,00	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50
112	Тренерская женская	18	29,52	3	90	2	60
113	С/у Ж тренерские	18	9,00	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50
114	Душевая М тренерские	25	5,7	-	-	75 м <sup>3</sup> /ч на одну сетку	75
115	Душевая Ж тренерские	25	5,7	-	-	75 м <sup>3</sup> /ч на одну сетку	75
116	Преддушевая тренерская	25	2,6	-	-	-	-
117	Ожидальная	20	36	4	150	5	180
118	Кабинет врача	20	41,4	60 м <sup>3</sup> /ч по балансу		60	60
119	Кабинет дежурной сестры	20	41,1	60 м <sup>3</sup> /ч по балансу		60	60
120	С/у	18	15	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50
121	С/у	18	29,4	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8
122	С/у	18	29,4	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50
123	Зал подготовительных занятий	18	1232,5	2-х кратный воздухообмен, но не менее 80 м <sup>3</sup> /ч на одного занимающегося	2465	2-х кратный воздухообмен, но не менее 80 м <sup>3</sup> /ч на одного занимающегося	2465
124	Инвентарная	15	26,1	-	-	1	30
125	Раздевалка мужская	25	328,5	По балансу с учетом душевых	-	2 через душевые	-
126	Преддушевая	25	30,9	-	-	-	-
127	С/у М	20	16,2	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50
128	Душевая мужская	25	62,275	5	-	10	625
129	Душевая кабина мужская для МГН	25	17,58	-	-	75 м <sup>3</sup> /ч на одну сетку	75
130	Раздевалка женская	25	372,5	По балансу с учетом душевых	-	2 через душевые	-
131	Преддушевая	25	7,2	-	-	-	-
132	С/у Ж	20	13,125	-	-	50 м <sup>3</sup> /ч на один унитаз	50
133	Душевая женская	25	62,25	5	-	10	625
134	Душевая кабина женская для МГН	25	17,58	-	-	75 м <sup>3</sup> /ч на одну сетку	75
135	Бассейн	28	4920,696	По рас-чету	23000	По рас-чету	24075
136	Инвентарная	25	33	-	-	1	35
137	Место для хранения колясок	16	34,55	-	-	1	35
138	ЛК	16	-	-	-	-	-
139	ЛК	16	-	-	-	-	-
140	ЛК	16	-	-	-	-	-
201	Венткамера	16	-	-	-	-	-
202	Технический балкон	16	-	-	-	-	-
203	Лестничная клетка	16	-	-	-	-	-
204	Воздухозаборная камера	16	-	-	-	-	-

### 4.2.3 Аэродинамический расчет систем вентиляции

Порядок аэродинамического расчета:

1. Нам дана аксонометрическая схема, на ней уже разбиты и пронумерованы участки, на которых нанесены расход и длина.

2. Выбираем магистральное направление, выявляя при этом самую протяженную цепочку последовательно расположенных расчетных участков.
3. Номер, расход и длину каждого участка заносим в таблицу.
4. Предварительно «намечаем скорости воздуха в воздуховодах. На ответвлениях и первых участках магистрали 4 м/с, на магистралях 6 м/с, на участке близком к вентилятору 7-8 м/с.
5. По справочным таблицам расчета воздуховодов по предварительно принятым скоростям и известным нам расходам воздуха намечаем диаметры воздуховодов.
6. Определяем действительную скорость в воздуховоде по формуле:

$$v = \frac{L}{3600 \cdot F} \quad (4.18)$$

где  $L$  – расход воздуха на участке, м<sup>3</sup>/ч;

$F$  – площадь поперечного сечения воздуховода, м<sup>2</sup>.

7. Определяем динамическое давление  $P_{дин}$ , Па, это кинетическая энергия потока, отнесенная к 1 м<sup>3</sup> воздуха. При скорости движения воздуха в сечении  $v$ , м/с,

$$P_d = \rho \cdot v^2 / 2, \quad (4.19)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха в воздуховоде, кг/м<sup>3</sup>.

8. По значению действительной скорости и диаметру по справочным таблицам определяем потери давления по длине  $R$ , Па/м» [18].
9. Определяем сумму коэффициентов местных сопротивлений  $\sum \xi$  по справочным таблицам[9].
10. «На каждом участке определяем потери давления на трение по длине участка  $Rl$ .

11. Потери давления на местные сопротивления, Па, на участке определяются как

$$Z = \sum \xi \cdot P_{\text{дин}} \quad (4.20)$$

12. Далее определяем полные потери давления, Па, на каждом из участков по формуле:

$$\Delta P = R \cdot l + Z \quad (4.21)$$

13. При увязке ответвлений определяют невязку потерь давления по формуле:

$$\frac{\Delta P_{\text{м}} - \Delta P_{\text{отв}}}{\Delta P_{\text{м}}} \cdot 100 \leq 15\% \quad (4.22)$$

14. Если невязка более 15 % для уравнения расчетных потерь» [18] давления на магистрали  $\Delta P_{\text{м}}$  и ответвлении  $\Delta P_{\text{отв}}$  устанавливается диафрагма, коэффициент местного сопротивления которой определяется по формуле:

$$\xi_{\text{д}} = \frac{\Delta P_{\text{м}} - \Delta P_{\text{отв}}}{P_{\text{дин}}} \quad (4.23)$$

По значению  $\xi_{\text{д}}$  по справочным таблицам определяем диаметр отверстия диафрагмы.

Аэродинамический расчет для приточной и вытяжной системы вентиляции сведен в таблицу 4.3.

Остальные системы вентиляции были рассчитаны аналогично, полученные результаты расчетов приведены на чертеже.



Таблица 4.3 – Результаты аэродинамического расчета системы ПВ1

Расч. уч. № уч-ка	Расходы, L, м <sup>3</sup> /ч	Протяженность участка, l, м	Расчетные параметры для воздуховодов			R, Па/м	Rl Па	Σξ	P <sub>д</sub> Па	Z, Па	R·l+Z, Па	Σ(Rl+Z) Па
			d, мм	f, м <sup>2</sup>	V, м/с							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ПВ-1												
<i>магистраль</i>												
ВР	1900	-	-	2,6200	0,2	-	-	-	-	-	7	
1 уч	1900	10,3	400	0,1260	4,20	0,4840	4,990	1,1	10,58	11,64	16,63	23,63
2м	3800	6,8	500	0,1960	5,40	0,5300	3,600	0,6	17,50	10,5	14,10	37,73
3 уч	5700	6,4	630	0,3120	5,07	0,4020	2,570	0,2	15,42	3,10	5,67	43,4
4 уч	7600	6,4	710	0,3960	5,30	0,3790	2,430	0,2	16,85	3,37	5,80	49,2
5 уч	9500	4,8	800	0,5010	5,27	0,3260	1,560	0,8	16,70	13,36	14,92	64,12
6 уч	11500	17,8	900	0,6350	5,03	0,2560	4,560	1,0	15,18	15,18	19,74	83,86
7 уч	23000	6,3	1250	1,2300	5,20	0,1890	1,190	0,65	16,22	10,5	11,69	95,55
8 уч	11500	7,5	900	0,6350	5,03	0,2560	1,920	1,05	15,18	15,9	17,82	113,37
9 уч	11500	1,6	900	0,6350	5,03	0,2560	0,410	0,65	15,18	9,87	10,28	123,65
<i>Ответвление</i>												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
10 уч	1900	3,4	400	0,126	4,20	0,484	1,65	1,75	10,58	18,50	20,15	27,15
Невязка: $\frac{\Delta p_1 - \Delta p_{10}}{\Delta p_1} \cdot 100 = \frac{23,63 - 27,15}{23,63} \cdot 100 = 14,8\%$												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
11 уч	1900	3,9	400	0,126	4,20	0,484	1,89	1,95	10,58	20,63	22,52	29,52
Невязка: $\frac{\Delta p_2 - \Delta p_{11}}{\Delta p_2} \cdot 100 = \frac{37,73 - 29,52}{37,73} \cdot 100 = 21,75\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_2 - \Delta p_{11}}{\Delta p_{дин}} = \frac{37,73 - 29,52}{10,58} = 0,78$ – диаметр 340 мм												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
12 уч	1900	3,9	400	0,126	4,20	0,484	1,89	1,85	10,58	19,57	21,46	28,46
Невязка: $\frac{\Delta p_3 - \Delta p_{12}}{\Delta p_3} \cdot 100 = \frac{43,4 - 28,46}{43,4} \cdot 100 = 34\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_3 - \Delta p_{12}}{\Delta p_{дин}} = \frac{43,4 - 28,46}{10,58} = 1,4$ – диаметр 321 мм												

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
13 уч	1900	3,9	400	0,126	4,20	0,484	1,89	1,75	10,58	18,52	20,41	27,41
Невязка: $\frac{\Delta p_4 - \Delta p_{13}}{\Delta P_4} \cdot 100 = \frac{49,2 - 27,41}{49,2} \cdot 100 = 44\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_4 - \Delta p_{13}}{\Delta P_{\text{дин}}} = \frac{49,2 - 27,41}{10,58} = 2,0$ – диаметр 308 мм												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
14 уч	2000	5,5	400	0,126	4,40	0,527	2,90	2,4	11,62	27,89	30,79	37,79
Невязка: $\frac{\Delta p_5 - \Delta p_{14}}{\Delta P_5} \cdot 100 = \frac{64,12 - 37,79}{64,12} \cdot 100 = 41\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_5 - \Delta p_{14}}{\Delta P_{\text{дин}}} = \frac{64,12 - 37,79}{11,62} = 2,3$ – диаметр 302 мм												
<i>Ответвление</i>												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
15 уч	1900	10,3	400	0,126	4,20	0,484	4,99	1,1	10,58	11,64	16,63	23,63
16 уч	3800	6,8	500	0,196	5,40	0,530	3,60	0,6	17,50	10,5	14,1	37,73
17 уч	5700	6,4	630	0,312	5,07	0,402	2,57	0,2	15,42	3,10	5,67	43,4
18 уч	7600	6,4	710	0,396	5,30	0,379	2,43	0,2	16,85	3,37	5,8	49,2
19 уч	9500	4,8	800	0,501	5,27	0,326	1,56	0,8	16,70	13,36	14,92	64,12
20 уч	11500	13,2	900	0,635	5,03	0,256	3,38	1,0	15,18	15,18	18,56	82,68
Невязка: $\frac{\Delta p_6 - \Delta p_{20}}{\Delta P_6} \cdot 100 = \frac{83,86 - 82,68}{83,86} \cdot 100 = 1,4\%$												
<i>Ответвление</i>												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
21 уч	1900	3,4	400	0,126	4,20	0,484	1,65	1,75	10,58	18,50	20,15	27,15
Невязка: $\frac{\Delta p_{15} - \Delta p_{21}}{\Delta P_{15}} \cdot 100 = \frac{23,63 - 27,15}{23,63} \cdot 100 = 14,8\%$												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
22 уч	1900	3,9	400	0,126	4,20	0,484	1,89	1,95	10,58	20,63	22,52	29,52
Невязка: $\frac{\Delta p_{16} - \Delta p_{22}}{\Delta P_{16}} \cdot 100 = \frac{37,73 - 29,52}{37,73} \cdot 100 = 21,75\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_{16} - \Delta p_{22}}{\Delta P_{\text{дин}}} = \frac{37,73 - 29,52}{10,58} = 0,78$ – диаметр 340 мм												

Продолжение таблицы 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
23 уч	1900	3,9	400	0,126	4,20	0,484	1,89	1,85	10,58	19,57	21,46	28,46
Невязка: $\frac{\Delta p_{17}-\Delta p_{23}}{\Delta P_{17}} \cdot 100 = \frac{43,4-28,46}{43,4} \cdot 100 = 34\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_{17}-\Delta p_{23}}{\Delta P_{\text{дин}}} = \frac{43,4-28,46}{10,58} = 1,4$ – диаметр 321 мм												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
24 уч	1900	3,9	400	0,126	4,20	0,484	1,89	1,75	10,58	18,52	20,41	27,41
Невязка: $\frac{\Delta p_{18}-\Delta p_{24}}{\Delta P_{18}} \cdot 100 = \frac{49,2-27,41}{49,2} \cdot 100 = 44\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_{18}-\Delta p_{24}}{\Delta P_{\text{дин}}} = \frac{49,2-27,41}{10,58} = 2,0$ – диаметр 308 мм												
ВР	1900	-	-	2,620	0,2	-	-	-	-	-	7	
25 уч	2000	5,5	400	0,126	4,40	0,527	2,90	2,4	11,62	27,89	30,79	37,79
Невязка: $\frac{\Delta p_{19}-\Delta p_{25}}{\Delta P_{19}} \cdot 100 = \frac{64,12-37,79}{64,12} \cdot 100 = 41\%$ Диафрагма: $\xi = \frac{\Delta p_{19}-\Delta p_{25}}{\Delta P_{\text{дин}}} = \frac{64,12-37,79}{11,62} = 2,3$ – диаметр 302 мм												

Примечание. ВР – воздухораспределитель.

## 4.2.4 Расчет и подбор оборудования

Стр. 1



Дата: 24/05/2021

Название установки: ПВ1

УСТАНОВКА: ANP-POOL23L/2B1/2K1/R4.4.0/N1.2/V1.2.P71.R-11x15/H1/F7/B1+P/2B1/2H1/2F1/2V1.2.P71.R-7,5x15/R4.4.0/K1/B1

Номер КП: KR21-020385/1

### ДАННЫЕ

Приток. Расход воздуха, м3/ч	23 000
Приток. Свободный напор, Па	300
Вытяжка. Расход воздуха, м3/ч	23 000
Вытяжка. Свободный напор, Па	300
Суммарный ток двигателей (вентиляторы+компрессоры), А	92,8
Скорость в сечении т/о, м/с	2,68

### ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ\*

Длина, мм	7 250
Ширина, мм	2 535
Высота, мм	2 763

Сборка двухэтажных секций на объекте (в стоимость не входит)

### ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Приток. Всас, Ш x В, мм	2 466	x	1 240
Приток. Выхлоп, Ш x В, мм	2 466	x	1 240
Вытяжка. Всас, Ш x В, мм	2 466	x	1 240
Вытяжка. Выхлоп, Ш x В, мм	2 466	x	1 240

\* Габаритные размеры указаны без учета гибких вставок и клапанов  
 Длина клапана 125 мм  
 Длина гибкой вставки 150 мм  
 Трубка оброса хладагента выступает на 100 мм с необслуживаемой стороны

### ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ

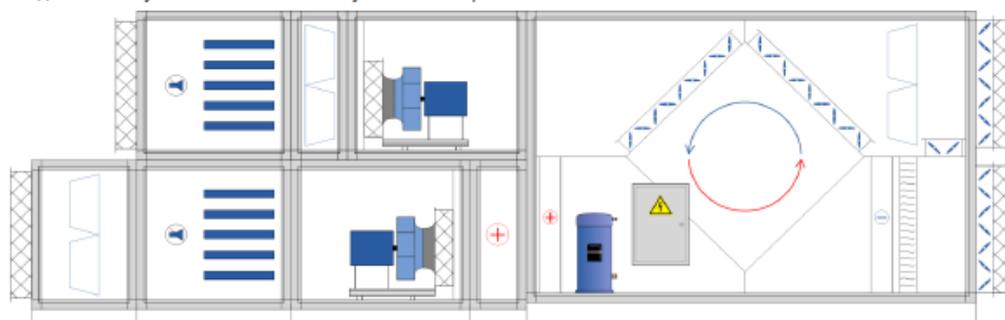
Серия / типоразмер:	ANP-POOL23
Назначение установки:	ПВ - приточно-вытяжная уст.
Расположение приток / вытяжка	Вертикально
Сторона обслуживания:	Левая
Тип агрегата:	Внутренней установки
Исполнение корпуса:	Гигиеническое
Тип рамы:	опорная рама 120 мм
Масса установки, кг	4283

### СЭНДВИЧ ПАНЕЛЬ

Внутренний лист:	Нержавеющая сталь
Изоляция:	Пенополиуретан 45 мм
Наружный лист:	Окрашенная сталь

### ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Холодный период		Теплый период	
Т нар., °C =	-30	Т нар., °C =	28,5
Н нар., % =	78	Н нар., % =	49
Т выт., °C =	29	Т выт., °C =	29
Н выт., % =	65	Н выт., % =	65



ВОЗДУШНЫЙ КЛАПАН 1				Масса, кг	64
Наружный воздух, м3/час	23 000	Клапан	Стандарт	Кол-во осей под привод	1
Скорость воздуха на входе, м/с	2,09	Падение давления на клапане, Па	4	Требуемый крутящий момент, Н.м	16

СЕКЦИЯ СМЕШЕНИЯ				Масса, кг	0
Возвратный воздух, м3/час	11 500	Клапан	Сторона рециркуляции: Сверху	Кол-во осей под привод	1
Скорость возд. на входе, м/с	1,04	Падение давления на клапане, Па	1	Требуемый крутящий момент, Н.м	16

Параметр	На входе				На выходе	
	Наружный воздух	50%	Рециркуляционный воздух			
Расход, м3/час	11 500			11 500		23 000
Температура, С / Влажность, %	ХП (Режим 1)	12,4	2,8	29	65	21 / 54
Температура, С / Влажность, %	ХП (Режим 2)	0	85	17	100	9 / 100

ФИЛЬТР 1 СТУПЕНИ				Масса, кг	121
Степень очистки:	G4	Производительность		Сопротивление	
Марка вставки:	592*592 / 490*592	Расход воздуха, м3/час	23 000	Расчетное сопр., Па	24
Количество фильт. вставок	8	Скорость в фильтре, м/с	2,49	Конечное сопр., Па	250

ФИЛЬТР 2 СТУПЕНИ				Масса, кг	156
Степень очистки:	F7	Производительность		Сопротивление	
Марка вставки:	592*592 / 490*592	Расход воздуха, м3/час	23 000	Расчетное сопр., Па	75
Количество фильт. вставок	8	Скорость в фильтре, м/с	2,49	Конечное сопр., Па	450

ТЕПЛОУТИЛИЗАТОР						Масса, кг		1 900	
Характеристики		Производительность зима (режим 1)				Производительность зима (режим 2)			
Тип рекуператора:	Пластинчатый	Расход воздуха, м3/час		11 500		Расход воздуха, м3/час		23 000	
Модель	R4	Вх. воздух Т, °С / Н, %		-30 / 78		Вх. воздух Т, °С / Н, %		9 / 100	
Материал	Ероху	Вых. воздух Т, °С / Н, %		12,4 / 2,8		Вых. воздух Т, °С / Н, %		21,1 / 48	
Макс. фронтальная скорость, м/с	1,89	Эффективность, %		72		Эффективность, %		60	
		Переносимая мощность, кВт		162		Переносимая мощность, кВт		93	
		Падение давления, Па		32		Падение давления, Па		129	

ТЕПЛОВОЙ НАСОС. КОНДЕНСАТОР. РЕЖИМ 2						Масса, кг			
Тип контура:		Фреоновый		Производительность		Энергоноситель			
Модель конденсатора:	C2.1.4	Расход воздуха, м3/час		23 000		Тип		Фреон	
Материал	Cu / Al Ероху	Вх. воздух Т, °С / Н, %		21 / 46		Марка фреона		R410A	
Фронтальная скорость, м/с	2,68	Вых. воздух Т, °С / Н, %		35,5 / 20		Темп. кипения, °С		5,5	
Кол-во рядов	4	Полная производит. кВт		113,7		Темп. конденсации, °С		42,5	
		Явная производит. кВт		113,7		Объем конденсата, кг/час		0,0	
		Падение давления, Па		91		Падение давления, Па		0	
Аксессуар: каплеуловитель		НЕТ		Падение давления, Па		0		Диаметр подсоединения	
								28 / 28	

Компрессорный блок		Произв. 1 компрессора		46,3		Количество компрессоров		2	
		Потреб. Мощность 1 компр., кВт		10,8		Сумм. потреб. мощность, кВт.		21,7	
		Питание, Фаз/Вольт		3/380		RLA 1 компр., А		27,6	

ВЕНТИЛЯТОР						Масса, кг		457	
Тип вентилятора		свободное колесо		Электродвигатель		А - ГОСТ стандарт		Расход воздуха, м3/час	
Модель вентилятора		P71.R-11x15		Мощность, кВт / кол-во двиг.		11 / 1		Требуемое давление, Па.	
				Запас мощности		1,59		Падение давл. в агрегате, Па.	
Лопатки		назад		Кол-во полюсов		4			
Эффективность, %		66		Ном. скорость вращения, об/мин		1480		Тип привода	
Потреб. мощность, кВт		6,9		Питание: Напр У/Д, В		380 / 690		Частотное регулирование	
Скорость вращ. об/мин		1427		Питание: Фаз / Гц		3 / 50		Использовать	
				Номинальный / Пусковой ток, А		22 / 165		Рабочая частота, Гц	
Мак. скорость вращения, об/мин		1630		Резерв двигателя		НЕТ		Максимальная частота, Гц	
								55,8	
								Количество регуляторов	
								1	

Уровень шума	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Полн.
Lw на нагнетание, dB(A)	58	72	83	89	88	85	80	74	93
Lw на всасывание, dB(A)	48	58	69	72	70	61	57	49	76
Lw через корпус, dB(A)	42	53	56	59	59	59	48	33	66

НАГРЕВАТЕЛЬ 1						Масса, кг		191	
Тип нагревателя:		Водяной		Производительность		Энергоноситель			
Модель нагревателя:		2		Расход воздуха, м3/час		23000		Тип	
Материал		Cu / Al Ероху		Вход. воздух, °С		21		Тип гликоля	
Скорость воздуха в ТО, м/с		2,68		Вых. воздух, °С		29		Содерж.гликоля, %	
Кол-во рядов		2		Требуемая мощность, кВт		64		Темп. прям / обр. воды, °С	
				max темп. на данном ТО, °С		50		Расход жидк., м3/час	
				Падение давления, Па		59		Потеря напора, кПа	
								2,9	
								Диаметр подсоединения	
								2"	

ШУМОГЛУШИТЕЛЬ ПОСЛЕ ВЕНТИЛЯТОРА						Масса, кг		288	
Характеристики		Расход воздуха, м3/час		23 000		Материалы			
Длина пластины, мм		1000		Скорость в сечении, м/с		2,15		Материал пластин	
Ширина пластины, мм		100		Падение давления, Па		26		Защитное покрытие	
								Мин.вата	
								Войлок	

Уровень шума	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Полн.
Затухание шума, dB(A)	2	3	7	18	30	32	23	13	
Lw на нагнетание, dB(A)	56	69	76	71	58	53	57	61	78

## ВОЗВРАТНЫЙ ВОЗДУХ

Расход выт. воздуха, м3/час: 23 000  
Свободный напор, Па. 300

ВОЗДУШНЫЙ КЛАПАН 2						Масса, кг		0	
Возвратный воздух, м3/час		23 000		Открыто					
Скорость возд. на входе, м/с		2,09		Падение давления на входе, Па		2			

ФИЛЬТР 1 СТУПЕНИ						Масса, кг		121	
Степень очистки:		G4		Производительность		Сопротивление			
Марка вставки:		592*592 / 490*592		Расход воздуха, м3/час		23 000		Расчетное сопр., Па	
Количество фильт. вставок		8		Скорость в фильтре, м/с		2,49		Конечное сопр., Па	
								24	
								250	

ШУМОГЛУШИТЕЛЬ ДО ВЕНТИЛЯТОРА				Масса, кг	288
Характеристики		Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час	23000	Материалы	
Длина пластины, мм	1000	Скорость в сечении, м/с	2,15	Материал пластин	Мин.вата
Ширина пластины, мм	100	Падение давления, Па	26	Защитное покрытие	Войлок

Уровень шума	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Полн.
Затухание шума, dB(A)	2	3	7	18	30	32	23	13	
Lw на всасывание, dB(A)	53	66	73	69	55	50	54	58	75

ВЕНТИЛЯТОР				Масса, кг	318
Тип вентилятора	свободное колесо	Электродвигатель	A - ГОСТ стандарт	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час	23 000
Модель вентилятора	P71.R-7,5x15	Мощность, кВт / кол-во двиг.	7,5 / 1	Требуемое давление, Па.	658
		Запас мощности	1,15	Падение давл. в агрегате, Па.	358
Лопатки	назад	Кол-во полюсов	4		
Эффективность, %	64	Ном. скорость вращения, об/мин	1450	Тип привода	Прямой привод
Потреб. мощность, кВт	6,54	Питание: Напр У/Д, В	380 / 690	Частотное регулирование	Использовать
Скорость вращ., об/мин	1407	Питание: Фаз / Гц	3 / 50	Рабочая частота, Гц	48,5
		Номинальный / Пусковой ток, А	15,4 / 107,8	Максимальная частота, Гц	50,2
Мак. скорость вращения, об/мин	1455	Резерв двигателя	НЕТ	Количество регуляторов	1

Уровень шума	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1 кГц	2 кГц	4 кГц	8 кГц	Полн.
Lw на нагнетание, dB(A)	53	64	75	78	76	70	65	58	82
Lw на всасывание, dB(A)	55	69	80	86	85	82	77	71	90
Lw через корпус, dB(A)	37	45	48	48	47	44	33	17	66

ТЕПЛОУТИЛИЗАТОР					
Характеристики		Производительность зима (режим 1)		Производительность зима (режим 2)	
Тип	Пластинчатый	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час	11 500	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час	23 000
Модель	R4	Вх. воздух Т, °С / Н, %	29 / 65	Вх. воздух Т, °С / Н, %	29 / 65
Материал	Ероху	Вых. воздух Т, °С / Н, %	9 / 100	Вых. воздух Т, °С / Н, %	20 / 100
Фронтальная скорость, м/с	2,28	Эффективность, %	33	Эффективность, %	43
		Переносимая мощность, кВт	162	Переносимая мощность, кВт	93
		Конденсат, л / час.	125	Конденсат, л / час.	38
		Падение давления, Па	37	Падение давления, Па	136

ТЕПЛОВЫЙ НАСОС. ИСПАРИТЕЛЬ. РЕЖИМ 2					
Тип охладителя:	Фреоновый	Производительность		Энергоноситель	
Модель охладителя:	C2.1.3	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /час	23 000	Тип	Фреон
Материал	Cu / Al Ероху	Вх. воздух Т, °С / Н, %	20,4 / 100	Марка фреона	R410A
Фронтальная скорость, м/с	2,68	Вых. воздух Т, °С / Н, %	16,7 / 100		
Кол-во рядов	3	Полная производит, кВт	91,13	Темп. кипения, °С	5,5
		Явная производит, кВт	29,2	Темп. конденсации, °С	42,5
		Объем конденсата, кг/час	87,7		
		Падение давления, Па	130		
Аксессуар: каплеуловитель	Установлен	Падение давления, Па	36	Диаметр подсоединения	28 /42

ВОЗДУШНЫЙ КЛАПАН 1				Масса, кг	51
Вытяжной воздух, м <sup>3</sup> /час	23 000	Клапан	Стандарт	Кол-во осей под привод	1
Скорость возд. на входе, м/с	2,09	Падение давления на клапане, Па	4	Требуемый крутящий момент, Н.м	16

**Выводы:** В данном разделе были запроектированы приточно-вытяжные системы вентиляции с механическим побуждением движения воздуха. Выполнен расчет воздухообмена для помещения с ванной бассейна. Определены воздухообмены для помещений по кратности. Выполнен аэродинамический расчет систем вентиляции и соответственно подобраны диаметры воздуховодов. Подобрана приточно-вытяжная установка фирмы KORF. Раздача воздуха осуществляется низкоскоростными воздухораздающими устройствами ВВП (Арктос). Воздух общеобменной вентиляции в помещениях подается и удаляется через регулируемые решетки фирмы Арктос со встроенным регулятором расхода воздуха.

## 5 Автоматизация

В данном разделе разработана автоматика приточных систем ПЗ; П4; П6; П5(5\*) и приточно-вытяжных систем ПВ1; ПВ2; ПР1 фирмы «EUROVENT».

1. Для управления системами ПЗ; П4; П6 применены шкафы управления:

ПЗ – ШУ-С0.944-Р10-JP40 (раздевалки)

П4 – ШУ-С1.724-Р10-JP40 (административно-бытовые помещения)

П6 – ШУ-1С1.14-Р10-JP40 (насосно-фильтровальная; ИТП)

Данные шкафы управления предусматривают управление и контроль следующих параметров:

- а) температура приточного воздуха;
- б) температура обратного теплоносителя;
- в) температура воздуха за калорифером;
- г) контроль и сигнализация засорения фильтра;
- д) контроль и защита электродвигателя вентилятора;
- е) защита циркуляционного насоса и регулирование электрического привода регулирующего водяного клапана;
- ж) остановка вентиляционной системы при поступлении сигнала «Пожар».

«Данные шкафы управления имеют три режима работы: дежурный, рабочий, аварийный.

В дежурном режиме включено питание шкафа при неработающей системе. При этом функционирует защита от замораживания (в режиме «Зима» по воде и по воздуху, а в режиме «Лето» - только по воздуху). Рабочий режим – это режим нормальной эксплуатации системы. Аварийный режим возникает при угрозе замораживания теплообменника, при засоренности фильтра, при срабатывании защиты от замыканий и перегрузок в электрических цепях».

2. Для систем П5 – основная; П5\* - резервная, обслуживающих помещение озонаторной, используются шкафы управления ШУ-1Со.37-S1000-

00-30-JP31. Данные шкафы выполняют перечисленные функции контроля и сигнализации, а также включают систему П5(5\*) от сигнализатора озона SPC-53-1190. При выходе из строя системы П5 включается система П5\*. Также при включении П5(5\*) включаются вытяжные системы В5(5\*).

3. Для приточно-вытяжной системы ПВ2 применён шкаф ШУ-1С1.54-1С1.14-S1000-20-00-JP31. Она обслуживает зал подготовительных занятий и имеет секцию рекуператора.

4. Для обслуживания помещения бассейна предусматриваются приточно-вытяжная система ПВ1 и конденсационный осушитель ПР1, который включается от датчика влажности

при достижении влажности воздуха в помещении бассейна 64%. Для системы ПВ1 используется шкаф ШУ-3С5.54-3С5.54-S1020-01-00-JP31. При аварийном отключении одной из систем предусматривается включение другой.

Шкафы управления ШУ-П3; ШУ-П4; ШУ-ПВ1; ШУ-ПВ2; ШУ-ПР1 установлены в венткамере на отметке +3.300.

Шкафы управления ШУ-П6; ШУ-П5; ШУ-П5\* установлены в венткамере на отметке – 3.000.

При сигнале «Пожар» отключаются вентиляторы приточных систем. Включение и сигнализация о состоянии систем дымоудаления, открытие дымовых клапанов и закрытие огнезадерживающих.

Цепи управления и сигнализации выполняются проводом в трубах и кабелями ППГнг(А)-HF; КППГнг(А) – FRHF.

В данном проекте выполнено соединение наружного блока MDV кондиционера с внутренними блоками сигнальным кабелем КПСЭнг(А)-FRHF 2x2x1,5 в трубе на расстоянии от питающих кабелей 500мм. Управление между внутренними и наружными блоками осуществляется посредством интерфейса RS485, адрес объекта настраивается в процессе монтажа.

**Выводы:** В данном разделе разработана автоматика приточных систем и приточно-вытяжных систем.

## 6 Техничко-экономический расчет

Расчет технико-экономический был проведен для установки системы ПВ1 с рекуператором. Эта установка обслуживает помещение бассейна.

Затраты тепла без рекуператора, на нагрев наружного воздуха определяются по формуле:

$$Q = v \cdot \rho_n \cdot \frac{1}{3600} \cdot c \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{он}}), \text{ кВт/ч} \quad (6.1)$$

где  $v$  – расход приточного воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho_n$  – плотность наружного воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – удельная теплоёмкость при постоянно давлении, кДж/(кг·К);

$t_{\text{пр}}$  – температура приточного воздуха, °С;

$t_{\text{он}}$  – температура наружного воздуха, °С.

$$Q = 23000 \cdot 1,32 \cdot \frac{1}{3600} \cdot 1,005 \cdot (27,3 + 5,2) = 275,45 \text{ кВт/ч}$$

Годовые затраты тепла в установке без рекуператора:

$$Q_{\text{год}} = Q \cdot z_{\text{от}} \cdot 24, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год} \quad (6.2)$$

где  $z_{\text{от}}$  – длина отопительного периода, дни.

$$Q_{\text{год}} = 275,45 \cdot 203 \cdot 24 = 1\,341\,992,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

Формула температуры воздуха на выходе из пластинчатого рекуператора:

$$t_{\text{ин2}} = t_{\text{ин1}} + \varepsilon \cdot (t_{\text{y1}} - t_{\text{ин1}}), \text{ °С} \quad (6.3)$$

где  $t_{\text{y1}}$  – температура удаляемого воздуха из бассейна;  $t_{\text{y1}} = 29^\circ\text{С}$ ,  $t_{\text{ин1}}$  – температура наружного воздуха,  $t_{\text{ин1}} = -5,2^\circ\text{С}$ ;  $\varepsilon$  – эффективность работы рекуператора.

$$t_{\text{ин2}} = -5,2 + 0,62 \cdot (29 - (-5,2)) = 16^{\circ}\text{C}$$

Затраты на нагрев наружного воздуха в рекуператоре определяется:

$$Q_{\text{ip}} = v \cdot \rho_{\text{н}} \cdot \frac{1}{3600} \cdot c \cdot (t_{\text{пр}} - t_{\text{ин2}}), \text{кВт/ч} \quad (6.4)$$

$$Q_{\text{ip}} = 23000 \cdot 1,32 \cdot \frac{1}{3600} \cdot 1,005 \cdot (29 - 16) = 110,2 \text{ кВт/ч}$$

Затраты тепла годовые в системе без рекуператора определяются по формуле:

$$Q_{\text{годбр}} = Q \cdot z_{\text{от}} \cdot 24, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{год} \quad (6.5)$$

$$Q_{\text{годбр}} = 110,2 \cdot 203 \cdot 24 = 536894,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

Количество сэкономленной энергии определяем:

$$\Delta Q_{\text{р}} = Q_{\text{год}} - Q_{\text{годбр}}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{год} \quad (6.6)$$

$$\Delta Q_{\text{р}} = 1\,341\,992,4 - 536894,4 = 805100, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}$$

Стоимость сэкономленной энергии:

$$\mathcal{E} = \Delta Q_{\text{р}} \cdot \Pi, \text{руб./год}, \quad (6.6)$$

где  $\Pi$  – стоимость энергии, руб/(кВт·ч)

$$\mathcal{E} = 805100 \cdot 4,32 = 3478032 \text{ руб./год.}$$

Срок окупаемости приточно-вытяжной установки с рекуператором в бассейне системы ПВ-1:

$$\tau = \frac{P_{уст}}{\varepsilon}, \text{ ГОД} \quad (6.6)$$

где  $P_{уст}$  – стоимость приточно-вытяжной установки с рекуператором.

$$\tau = \frac{6500000}{3478032} = 2 \text{ года}$$

Срок окупаемости приточно-вытяжной установки с рекуператором в бассейне системы ПВ-1 равен двум годам.

**Выводы:** Выполнен технико-экономический расчет окупаемости приточно-вытяжной установки с рекуператором, он составил 2 года.

## Заключение

Цель данной магистерской диссертации выполнена, произведено проектирование инженерных систем: отопления и вентиляции. Цель была достигнута благодаря решению задач:

- был произведен литературный обзор и анализ нормативно-технической документации по зданиям бассейна. Согласно санитарно-гигиенических норм, здание бассейна необходимо делить на функциональные зоны, следовательно, необходимо проектировать инженерные системы с учетом особенностей этих зон;

- также был проведен патентный поиск, в качестве предмета исследований был выбран рекуператор, определены тенденции развития данного предмета;

- был проведен теплотехнический расчет ограждающих конструкций бассейна, в качестве утеплителя был выбран утеплитель минераловатная плита толщиной 100 и 150 мм. Общие теплотери по зданию составили 107,7 кВт.

- для отопления здания крытого плавательного бассейна запроектирована двухтрубная система с нижней разводкой, система разделена на ветки с тупиковым движением воды и числом отопительных приборов 4-5 шт.; в качестве нагревательных приборов приняты биметаллические секционные радиаторы «Сантехпром БМ»;

- запроектированы самостоятельные приточные системы для таких помещений как: бассейн, зал подготовительных занятий, раздевалок, административно-бытовых помещений и тренерских, озонаторной, для периодического проветривания помещений водоподготовки, ИТП и других технических помещений подвала. Приточные установки расположены в венткамере подвального этажа на отм. –3,00 и в венткамере на отм.+3,00. Самостоятельные вытяжные системы предусматриваются: для помещения бассейна, зала для подготовительных занятий, санузлов и душевых,

административно-бытовых помещений и тренерских, озонаторной, помещения водоподготовки, помещения для хранения реагентов, комнаты приема пищи, мастерской по ремонту оборудования и помещения для хранения и ремонта светильников и электрооборудования, для помещения для прокладки инженерных коммуникаций, технического помещения под ванной бассейна, для ИТП, помещения охраны, электрощитовой, инвентарных, помещения уборочного инвентаря.

– предусматривается работа вентиляционных установок в двух режимах:

– в нерабочее время - работает только осушитель (система ПР1);

– в рабочее время:

1) работает система ПВ1 –для холодного и переходного периода;

2) работает система ПВ1+ПР1 –для летнего периода.

– для обеспечения подвижности воздуха в залах ванн бассейна не более 0,2м/с предусматривается раздача воздуха низкоскоростными воздухораздающими устройствами ВНП (Арктос) в рабочую зону. Воздух общеобменной вентиляции в помещениях подается и удаляется через регулируемые решетки фирмы Арктос со встроенным регулятором расхода воздуха.

– по результатам гидравлического расчета был подобран насос фирмы Grundfos. При расчете воздухообмена был определен массовый расход наружного воздуха в помещении бассейна, в результате чего была подобрана приточно-вытяжная установка с рекуператором фирмы KORF.

– в результате технико-экономического расчета было выявлено, что приточно-вытяжная установка будет окупаться около 2 лет.

## Список используемых источников

1. Богословский В. Н. Отопление и вентиляция : учеб. для вузов по специальности "Водоснабжение и канализация" / В. Н. Богословский, В. П. Щеглов, Н. Н. Разумов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1980. - 294, [1] с.
2. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : [учеб. для вузов] / В. Н. Богословский. - Изд. 3-е. - Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2006. - 399, [1] с.
3. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2 ч. Ч. 2. Вентиляция и кондиционирование воздуха / В. Н. Богословский [и др.] ; под ред. И. Г. Староверова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1977. - 502 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский [и др.] ; под ред. И. Г. Староверова, Ю. И. Шиллера. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1990. - 343 с.
5. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Б. В. Баркалов [и др.] ; под ред. Н. Н. Павлова, Ю. И. Шиллера. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1992. - 416 с.
6. 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 ред. Н. Н. Павлова, Ю. И. Шиллера. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1992. - 319 с.
7. ГОСТ 10704-91\* Трубы стальные электросварные прямошовные. Дата введения 1993-01-01. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001409>.
8. ГОСТ 30494-11. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. МНТКС – М.: Стандартифром 2013. - 15 с.
9. ГОСТ 3262-75\* Трубы стальные водогазопроводные. Дата введения 1977-01-01. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200001411>.

10. ГОСТ Р 54851-2011 Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления передаче. - М. : Стандартиформ, 2009. – 47 с.

11. Консультант Студента. Электронная библиотека технического вуза. Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/>.

12. Кучеренко М. Н. Вентиляция общественного здания : учеб.-метод. пособие по выполнению курс. работы по дисц. "Вентиляция" для студ. всех форм обучения спец. 270109 "Теплогазоснабжение и вентиляция" / М. Н. Кучеренко ; ТГУ ; каф. "Теплогазоснабжение и вентиляция". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2008. - 45 с.

13. Лучшее отопление. Режим доступа: <https://lucheeotoplenie.ru/>.

14. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания: справочное пособие / Е. Г. Малявина. — М.:АВОК-ПРЕСС, 2007. - 144 с.

15. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации №261-ФЗ. – М.Ж Государственная Дума, 2009. – 41 с.

16. Отопление — Все о системах отопления. Режим доступа: <https://otoplenie.site/>.

17. Отопление : учеб.-метод. пособие по изучению дисц. для студ. заочной формы обучения спец. 270109 "Теплогазоснабжение и вентиляция" / ТГУ ; каф. "Теплогазоснабжение и вентиляция" ; [Е. В. Одокиенко ; науч. ред. М. Н. Кучеренко] . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 21 с.

18. Паспорт «Воздушно-тепловая завеса «КОМФОРТ» Серия 200» Режим доступа:

<https://aventa96.ru/data/moduleMediaFiles/Catalog/8154/0667ff7a4d711bbdfecfd2d3454c9e68.pdf>

19. Покотилов, В.В. Системы водяного отопления / В.В. Покотилов. – Вена : HERZ Armaturen, 2008. – 157 с.

20. Р НП "АВОК" 7.5-2012. Обеспечение микроклимата и энергосбережение в крытых плавательных бассейнах. Нормы проектирования. – М. : АВОК. – 2012. – 19 с.
21. СанПиН 2.1.2.1188-03. Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества. М., 2003. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/11/11719/>.
22. СНиП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - Введ. 1985- 01-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001008>.
23. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М. : ГУП ЦПП, 1997.
24. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология. - Взамен СНиП 2.01.01-82 ; введ. 01.01.2000. - Москва : Госстрой России, 2005. - 70 с.
25. СНиП II-3-79\* Строительная теплотехника (с Изменениями N 1-4). <http://docs.cntd.ru/document/871001234>.
26. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями N 1, 2, 3). <http://docs.cntd.ru/document/1200092705>.
27. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. – Введ. 2013-01-01. - М.: Минрегион России, 2012. - 120 с.
28. СП 31.113.2004. Бассейны для плавания. Введ. 2004-04-30.М.: Минрегион России, 2004. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200040480>.
29. СП 310.1325800.2017. Свод правил бассейны для плавания. Правила проектирования. Дата введения 2018-06-27. <https://docs.cntd.ru/document/556522748>.
30. СП 31-112-2004 Физкультурно-спортивные залы. Часть 1. <http://docs.cntd.ru/document/1200040660>.

31. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Введ. 2012-01-01. - М.: Минрегион России, 2012. - 195 с.
32. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1). <http://docs.cntd.ru/document/1200084097>.
33. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. <http://docs.cntd.ru/document/1200095527>.
34. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – 2013.-02.-25.- Режим доступа:<http://docs.cntd.ru/document/1200098833>.
35. Справочник проектировщика : Внутренние санитарно-технические устройства. В 2 ч. Ч. 1. Отопление, водопровод, канализация / под ред. И. Г. Старовойтова. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1976. - 429 с.
36. СТО 00044807-001-2006 Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Стандарт организаций. – М. : РОИС, 2006. - 64 с.
37. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. – М. : Стройиздат, 1991. - 480 с.
38. ASHRAE/ANSI Standard 62.1–2016 Ventilation for acceptable indoor air quality.
39. CR 1752:1998 Ventilation for buildings — design criteria for the indoor environment.
40. EN 13779:2007 Ventilation for non-residential buildings — Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
41. EN 15251:2007 Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings.
42. EN ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort.
43. <https://www1.fips.ru/>