



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт ИЭВТ
Кафедра ТМПУ

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
(код и наименование)

Направленность (профиль) Энергообеспечение предприятий

Форма обучения очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Тема: Разработка системы вентиляции в помещении плавательного бассейна, расположенного в городе Липецк

Студент ФП-08-16 Сохина Н.М.
группа подпись фамилия и инициалы

Научный руководитель К.Т.Н. доцент Цепляева Е.В.
уч. степень должность подпись фамилия и инициалы

Консультант _____
уч. степень должность подпись фамилия и инициалы

Консультант _____
уч. степень должность подпись фамилия и инициалы

«Работа допущена к защите»

Зав. кафедрой Д.Т.Н. профессор Гаряев А.Б.
уч. степень звание подпись фамилия и
инициалы

Дата 09.06.2020

Москва, 2020



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт _____ **ИЭВТ**
Кафедра _____ **ТМПУ**

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
(бакалаврскую работу)

Направление _____ **13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**
(код и наименование)

Направленность (профиль) _____ **Энергообеспечение предприятий**

Форма обучения _____ **очная**
(очная/очно-заочная/заочная)

Тема: _____ **Разработка системы вентиляции в помещении плавательного бассейна, расположенного в городе Липецк**

Студент _____ **ФП-08-16** _____ **Сохина Н.М.**
группа подпись фамилия и инициалы

Научный руководитель _____ **К.Т.Н** _____ **доцент** _____ **Цепляева Е.В.**
уч. степень должность подпись фамилия и инициалы

Консультант _____
уч. степень должность подпись фамилия и инициалы

Консультант _____
уч. степень должность подпись фамилия и инициалы

Зав. кафедрой _____ **д.т.н.** _____ **профессор** _____ **Гаряев А.Б.**
уч. степень звание подпись фамилия и инициалы

Место выполнения работы _____ **НИУ МЭИ кафедра ТМПУ**

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ЗАДАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Рассчитать систему вентиляции для бассейна, рассчитанного на 48 человек, расположенного в городе Липецк

Изучить необходимую нормативную литературу

Спроектировать систему вентиляции бассейна и подобрать необходимое оборудование

Исходные данные: бассейн расположен в городе Липецк. Размер бассейна: 30x15x6 м. Размер зеркала воды: 11x25 м. Количество пловцов: 48 человек.

Содержание разделов:

1. Введение
2. Виды плавательных бассейнов
3. Бассейн – помещение с повышенной влажностью
4. Расчет системы вентиляции бассейна
5. Подбор оборудования
6. Заключение
7. Список литературы

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Количество листов: 6

- 1 лист – Особенности проектирования вентиляции в бассейне и методы их решения
- 2 лист – Основные расчетные формулы
- 3 лист – Процесс вентиляции бассейна в теплый и холодный период года
- 4 лист – Разводка вентиляционной системы в плане бассейна
- 5 лист – Приточно-вытяжная система с гликолевым теплоутилизатором
- 6 лист – схемы подключения нагревателя и охладителя приточного воздуха

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. Техносфера.

ГК Термокул. Москва 2006

2. Кокорин О.Я. Отечественное оборудование для систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва: МГСУ, 2005

Аннотация

В выпускной квалификационной работе разработана система вентиляции крытого бассейна круглогодичного использования. Подобрано соответствующее оборудование. При расчете учтены следующие факторы: климатические особенности местности, назначение бассейна, микроклимат бассейна. Рассмотрена необходимость использования рекуперативных теплообменных аппаратов, а также осушителей воздуха для данного объекта.

Abstract

In the final qualifying thesis the ventilation system for a year-round indoor swimming pool has been developed. Appropriate equipment has been selected. The following factors have been taken into account: climatic features of the area, designation of the pool, its microclimate. The necessity of applying recuperative heat exchangers as well as air dryers for this facility has been considered.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ВИДЫ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ	7
2 БАССЕЙН - ПОМЕЩЕНИЕ С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ	10
3 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ БАССЕЙНА	17
3.1. Расчет воздухообмена в теплый период года.....	19
3.2. Расчет воздухообмена в холодный период года	29
3.2. Аэродинамический расчет	34
4 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В БАССЕЙНЕ	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	60

ВВЕДЕНИЕ

Вентиляция является одним из важнейших элементов каждого сооружения бассейна, вне зависимости от размера или назначения бассейна. Как в небольшом частном, так и в спортивном комплексе, в бассейне необходима вентиляция. От грамотности проработки вентиляции и кондиционирования бассейна зависит надежность, долгосрочность и максимальная возможность использования бассейна.

Вентиляция для каждого бассейна рассчитывается индивидуально, исходя из климатических условий, особенностей помещения и назначения бассейна. В связи с этим, в инженерной практике существует комплекс вопросов, связанных с созданием благоприятных условий для занятий, отдыха, а также сотрудников того или иного бассейна.

1 ВИДЫ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

Плавательный бассейн – гидротехническое сооружение, предназначенное для занятий водными видами спорта таких как: плавание, водное поло, прыжки в воду и т.д.

Типы бассейнов:

- Открытый бассейн. Сооружение на открытом воздухе. Может быть круглогодичным или сезонным.
- Крытый бассейн. Находится в специальном зале с постоянной температурой, влажностью и т.д. Данный тип бассейнов является более безопасным для плавающих.
- Комплексный бассейн. Включает в себя ванны как открытого, так и закрытого типа. Открытая ванна может сочетать в себе спортивные и купальные функции.
- Мобильный бассейн. Сооружение, которое возможно перемещать с одного места на другое. Легко монтируется и демонтируется.
- Трансформирующийся бассейн. Посредством трансформации ограждающих конструкций ванна бассейна может принимать открытый и закрытый вид.

В последнее время темпы строительства крытых бассейнов значительно увеличились. Крытые бассейны позволяют создавать оптимальные условия для отдыха и оздоровления населения круглогодично.

Плавательные бассейны по назначению делятся на:

- Спортивные. Проведение оздоровительного плавания, соревнований, обучения плаванию и т.д.
- Купальные. Отдых на воде с целью оздоровления. В основном для неорганизованных разовых посетителей.
- Учебные. Обучение плаванию детей старшего возраста и взрослых, а также проведение соревнований местного уровня.

- Смешанные бассейны. Объединяют зону для спортивного или учебного плавания и купания в пределах одной чаши либо имеют несколько чаш различного назначения.

По характеру воды бассейны бывают:

- Переливной бассейн. Вода находится на одном уровне с бортом, забор воды осуществляется через переливную решетку по периметру бассейна. Далее вода через выпуски самотеком попадает в накопительную емкость, что подразумевает наличие дополнительной переливной емкости в техническом помещении бассейна. На данный момент, основная масса плавательных бассейнов исполнены по подобной схеме.

- Скриммерный бассейн. Отличается от предыдущего тем, что уровень воды располагается ниже уровня борта и специальный насос откачивает воду из бассейна через специализированные окна в стенках бассейна, скриммеры. Далее вода поступает в систему: насос — система фильтрации — водонагреватель — станция химической обработки воды, после чего вода возвращается в бассейн. Создание подобного бассейна требует меньших капиталовложений.

По характеру эксплуатации бассейны разделяются:

- Бассейны в естественных водоемах. Сезонные сооружения, предназначенные для купания, обучения плаванию, а так же массового отдыха. Чаще всего такие сооружения конструируются на уложенных на сваях или понтонах ходовых мостиках, которые, в свою очередь, огораживают часть акватории.

- Наливные (искусственные) бассейны. Работают круглогодично. В искусственных бассейнах регламентируется и регулируется температура воды, имеется высокая санитарно-гигиеническая культура и стабильность эксплуатации.

Размеры:

Длина бассейнов составляет от 25 м до 50 м, ширина от 8.5 м до 25 м в зависимости от количества дорожек, глубина от 1.2 м до 6 м в зависимости от назначения бассейна, ширина дорожки от 2.25 м до 2.5 м.

Температура воды:

Четкого разделения на холодные и теплые бассейны нет. Однако, температура воды зависит от назначения бассейна. Для оздоровительных бассейнов 26—29°C, для спортивных 24—28°C, для учебных детских 29—32°C, для малых бассейнов с гидромассажем 30—32°C. На данный момент востребованы бассейны в фитнес-клубах, в них температура воды 27—28°C [6].

Наряду с архитектурными решениями так же стоит вопрос о микроклимате крытых бассейнов.

2 БАССЕЙН - ПОМЕЩЕНИЕ С ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТЬЮ

Требования соблюдения микроклимата бассейнов достаточно жесткие. Однако, их несоблюдение может привести к неприятным последствиям для посетителей бассейна, а также для самого помещения и оборудования, установленного в бассейне. Отличительной особенностью бассейна от других объектов является наличие большого количества воды, большинство которой расположено в плоскости зеркала бассейна, с которого непрерывно испаряется влага.

В каждом бассейне испаряется вода, что приводит к увеличению влажности воздуха. Избыточная влага приводит к образованию конденсата на окнах, стенах, потолке и других поверхностях. Это приводит к коррозии металлов, появлению грибков и т.д., что в итоге разрушает конструкцию бассейна. Для человека повышенная влажность создает некомфортные условия, а для людей с некоторыми нарушениями здоровья может быть опасна.

Избежать испарений с поверхности невозможно. Однако, ограничить количество испарений и создать комфортные условия, с помощью грамотного расчета вентиляции возможно. Неверно подобранная температура воздуха увеличивает количество испарений с поверхности воды. Следует поддерживать температуру воздуха на 1—2°С выше температуры воды, согласно СП 60.133330.2016 [4].

Важную роль для комфортных условий играет отсутствие сквозняков. Сквозняки удастся избежать путем грамотного расчета вентиляции. Однако, в крытом бассейне необходимо обеспечить хороший воздухообмен, для удаления продуктов дыхания человека, хлора и других веществ, выделяющихся с поверхности воды, а также для поступления свежего подогретого до оптимальной температуры воздуха.

Для избегания запотевания окон, необходимо осуществлять правильную раздачу воздуха. Вентиляция организовывается так, чтобы сухой подогретый воздух в первую очередь попадал на окна, а потом распределялся по всему

помещению равномерно. Рекомендуется делать подачу свежего подогретого воздуха под окнами. Сверху, где собирается наиболее влажный воздух следует делать вытяжку.

Способы снижения влажности в крытых бассейнах:

1. Использование пленки или накрытия

Для ограничения испарения зеркало воды покрывается водонепроницаемой пленкой. Данный способ не подходит для бассейнов, которые активно эксплуатируются, однако, такой способ наиболее простой. Найти пленку большого необходимого размера и накрыть ею большое зеркало воды достаточно проблематично, поэтому данный способ подходит, по большей части, бассейнам небольшого размера. Почему данный способ используется? Пока пленка накрыта - влага не испаряется в воздух. А количество воздуха, находящееся под пленкой увеличивает свою влажность, в следствии чего, конденсируется обратно в бассейн. Однако, при снятии пленки, влага будет напитывать воздух, тогда процесс конденсации будет проходить на поверхностях помещения: на стенах, мебели и других элементах. Скопившийся в помещении конденсат может привести к серьезным разрушениям. Так же при использовании крытого бассейна без пленки, а именно во время купания, влажность воздуха значительно повышается, что может повлиять на здоровье и самочувствие купающихся.

2. Установка приточно-вытяжной вентиляции.

Приточно-вытяжная вентиляция – это система, служащая для удаления вредного отработанного воздуха из помещения, а также обеспечивает приток чистого свежего воздуха (рис 2.1). Принцип действия подобной системы: свежий воздух поступает в помещение, а отработанный воздух удаляется. Обе данные функции работают одновременно. Часто используют приточно-вытяжную вентиляцию с рекуператором или приточно-вытяжную установку с местными нагревательными приборами для уменьшения затрат на нагрев чистого подающегося в помещение воздуха. Подобные типы вентиляции снижают

влажность воздуха путем непосредственного удаления влажного отработанного воздуха и поступления свежего воздуха с меньшей влажностью.

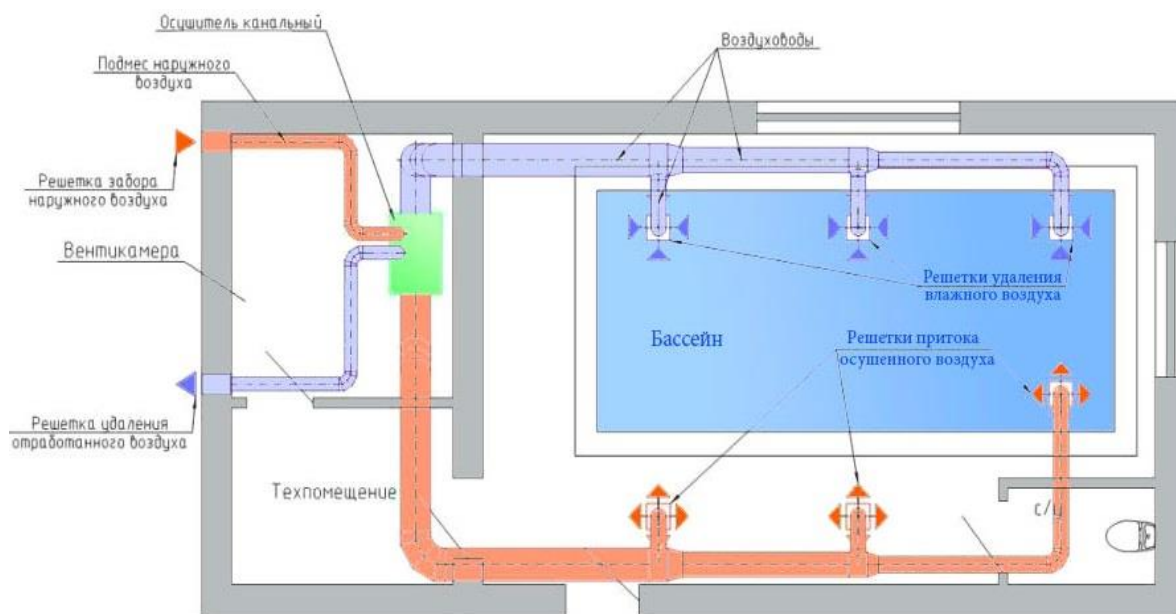


Рисунок 2.1. Приточно-вытяжная система вентиляции

Необходимые условия для установки приточно-вытяжной вентиляции:

- Обеспечение дополнительного обдува окон при их большой площади
- Разряженный воздух внутри помещения: давление воздуха в помещении с бассейна на 5% ниже атмосферного
- Объем приточного воздуха должен в 7 раз превышать объем помещения для правильного функционирования приточно-вытяжной системы. Поэтому при эксплуатации приточно-вытяжной системы вентиляции на работу вентиляторов и подогрев приточного воздуха тратится значительная часть энергоресурсов.

Различают несколько видов приточных установок:

- Приточная установка (рис. 2.2). Не имеет охладителя, значит, в теплый период года в помещении будет перегрев. Необходимо дополнительно устанавливать охладительную установку.

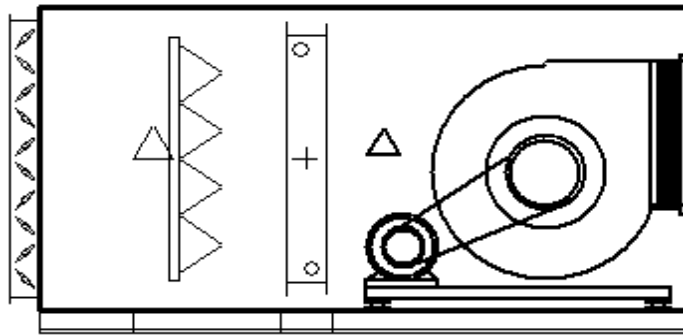


Рисунок 2.2 приточная установка

- Приточная установка с охладителем (рис. 2.3). Не энергоэффективный вариант, т.к. уходящее тепло никак не используется.

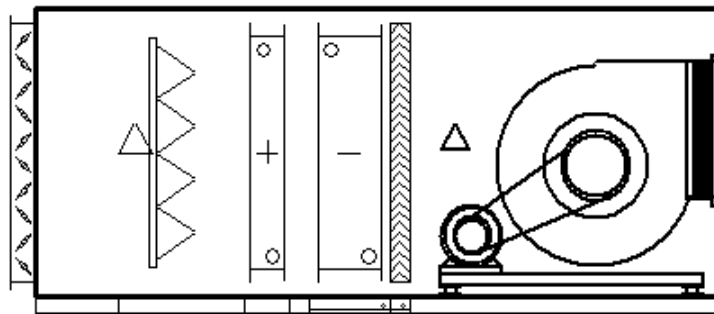


Рисунок 2.3 Приточная установка с охладителем

- Приточно-вытяжная установка с пластинчатым рекуператором (рис. 2.4). Позволяет экономить на электроэнергии, т.к. использование рекуператора позволяет частично снизить затраты электроэнергии на нагревание приточного воздуха.

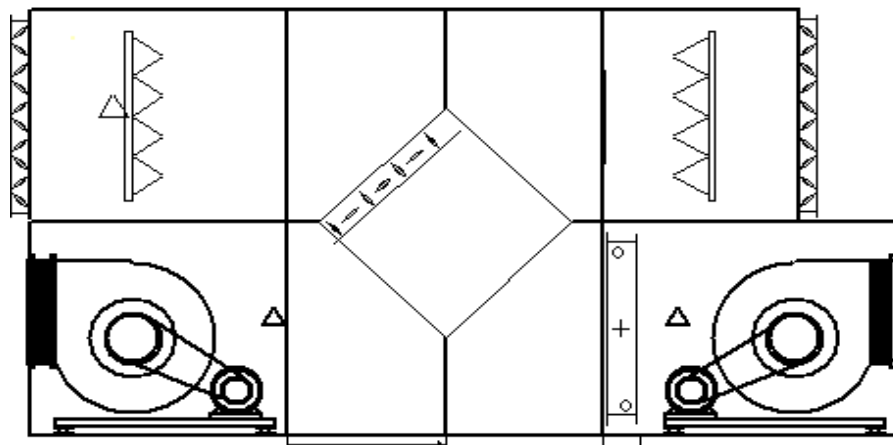


Рисунок 2.4 Приточно-вытяжная установка с пластинчатым рекуператором

- Приточно-вытяжная установка с промежуточным теплоносителем. (рис. 2.5) Использование промежуточного теплоносителя позволяет снизить затраты на электроэнергию.

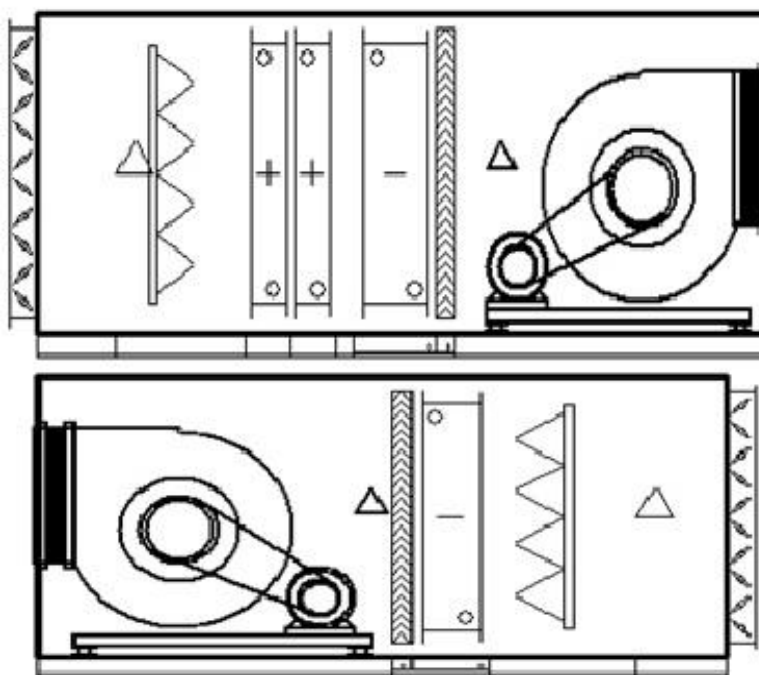


Рисунок 2.5. Приточно-вытяжная установка с промежуточным теплоносителем

3. Осушители воздуха

Осушитель воздуха – прибор, предназначенный для снижения влажности воздуха. Существует три типа осушителей воздуха:

- Ассимиляционный тип. Принцип действия заключается в замене теплого влажного воздуха на охлажденный, вмещающий в себя меньшее количество влаги. В бассейнах осушители воздуха ассимиляционного типа почти никогда не устанавливаются, т.к. имеют низкий коэффициент полезного действия при больших затратах энергии.

- Адсорбционный тип. Принцип действия основан на поглощении влаги адсорбентом, находящимся в отдельном резервуаре. Влажный воздух, проходя через резервуар осушается, после чего направляется в помещение. Осушители воздуха адсорбционного типа применяются в аквапарках, больших бассейнах или водных комплексах.

- Конденсационный тип. Принцип действия основан на охлаждении поступающего воздуха, сбора выделяющегося конденсата и возврата воздушного потока в помещение после подогрева. Конденсат выводится из помещения при помощи дренажной системы или собирается в резервуары. Осушители воздуха конденсационного типа устанавливаются в бассейнах малого и среднего размера.

Целью выпускной квалификационной работы является решить вопрос со снижением влажности путём установки грамотно спроектированной системы вентиляции.

Согласно своду правил, важнейшими критериями микроклимата являются:

- Расчетная температура воздуха. Согласно СП 60.133330.2016 [4], на 1—2°С выше температуры воды.
- Относительная влажность воздуха. Согласно СП 60.133330.2016 [4] не должна превышать 50—65% в теплый и холодный период года соответственно.
- Скорость воздуха. В зоне купания ограничивается значением 0.15—0.2 м/с [6].
- Величина воздухообмена. Принимается 3—5 кратным в час [6].

Последствия нарушения нормативных требований микроклимата в бассейне, проектных ошибок или неправильной эксплуатации:

- Чрезмерное испарение влаги с водяной поверхности приводит к головокружению, затрудненному дыханию, отдышке.
- Конденсация водяных паров на поверхностях стен, окон, металлических деталях оборудования приводит к окислению металлов, возникновению коррозии, плесени или грибка.
- Недостаточная вентиляция ведет к появлению застойных явлений и вредных примесей в воздухе.
- Нарушение температурного режима воздуха или воды приводит к простудным заболеваниям.

- Сквозняки у пола или над водой резко уменьшают ощущение тепла от воды.

- Снижение комфорта из-за несоответствия температур воздуха и воды, несвежего воздуха не приносит необходимый оздоровительный эффект от пребывания в бассейне.

Целью данной выпускной квалификационной работы является расчет системы вентиляции крытого плавательного бассейна круглогодичного использования в городе Липецк и решение поставленных задач: выполнить расчет системы и подобрать необходимое оборудование.

3 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ БАССЕЙНА

Объектом проектирования выпускной квалификационной работы является крытый оздоровительный бассейн круглогодичного использования в городе Липецк.

Здание бассейна предназначено исключительно для занятия оздоровительным плаванием. Параметры окон: по 8 окон на север и юг, размеры: 2.5x2 м, солнцезащитные устройства отсутствуют, остекление окон двойное. Параметры освещения: люминесцентные лампы диффузорного рассеянного света, высота подвески >3.6м.

В выпускной квалификационной работе требуется разработать систему вентиляции для объекта с повышенной влажностью, соблюдая санитарно-гигиенические требования.

Создание и поддержание оптимального микроклимата в крытых бассейнах, безусловно, очень важно. Оптимальный микроклимат бассейна продлевает срок эксплуатации, повышает надежность, а также безвреден для купающихся. Вентиляция крытых бассейнов необходима в каждом бассейне.

Относительную влажность воздуха в бассейне принимают 60% в теплый период года и 50% в холодный период года. Оптимальная температура воздуха для спортивных бассейнов 27-28°C. Так же необходимо учесть рекомендации врачей: температуру воздуха необходимо поддерживать примерно на 1°C выше температуры воды. При такой разнице температур людям, плавающим в бассейне, комфортно, а испарения влаги минимальны.

Система водяного отопления бассейна полностью компенсирует тепловые потери помещения. Под окнами непрерывной цепочкой устанавливают отопительные приборы для предотвращения конденсации влажного воздуха на внутренней поверхности окон так, чтобы температура внутренней поверхности окон была на 1-2°C выше температуры точки росы. Повышенная влажность является важным элементом при проектировании вентиляции и

кондиционирования бассейна. Параметры наружного воздуха приняты согласно СП 131.133330.2018 [5].

Исходные данные наружного воздуха расчета представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные наружного воздуха

Название	Значение
Район строительства	Город Липецк
Температура наружного воздуха в теплый период	$t_n = 28 \text{ }^\circ\text{C}$
Энтальпия наружного воздуха в теплый период	$h_n = 54.8 \text{ кДж/кг}$
Влажность наружного воздуха в теплый период	$d_n = 10.72 \text{ г/кг}$
Температура наружного воздуха в холодный период	$t_n = -27 \text{ }^\circ\text{C}$
Энтальпия наружного воздуха в холодный период	$h_n = -26.5 \text{ кДж/кг}$
Влажность наружного воздуха в холодный период	$d_n = 0.2 \text{ г/кг}$

Исходные данные габаритов и микроклимата бассейна представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Исходные данные бассейна

Название	Значение
Геометрические размеры зеркала воды	11x25 м
Площадь зеркала воды	$F_B = 275 \text{ м}^2$
Площадь обходных дорожек	$F_{од} = 175 \text{ м}^2$
Геометрические размеры помещения бассейна	15 x30 м
Площадь помещения бассейна	$F_{пл} = 450 \text{ м}^2$
Высота потолка помещения бассейна	$H_{п} = 6 \text{ м}$

Название	Значение
Количество пловцов	$N = 48$
Температура воды	$t_w = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура воздуха рабочей зоны	$t_B = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура удаляемого воздуха их верхней зоны помещения	$t_y = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха в бассейне в теплый период	$\varphi = 60 \%$
Относительная влажность воздуха в бассейне в холодный период	$\varphi = 50 \%$

3.1. Расчет воздухообмена в теплый период года

Расчет для теплого и холодного периодов года выполнен на основе методик [1, 2, 3]

Поступления явной теплоты

Поступления теплоты от солнечной радиации

$$Q_{\text{ср}} = (q_{\text{ср}} + q) \cdot F_{\text{ок}} \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{ср}}$ – поступления теплоты от солнечной радиации

$q_{\text{ср}}$ – поступления теплоты от солнечной радиации через вертикальные окна

q – поступления теплоты вследствие теплопередачи через окна

$F_{\text{ок}}$ – площадь оконных проемов

$$q_{\text{ср}} = (q_{\text{пр}} \cdot K_{\text{инс}} + q_{\text{рас}} \cdot K_{\text{обл}}) \cdot K_{\text{отн}} \cdot \tau_2 \quad (3.2)$$

где $q_{\text{пр}}$ – количество теплоты от прямой солнечной радиации

$K_{\text{инс}}$ – коэффициент инсоляции через вертикальное остекление

$q_{\text{рас}}$ – количество теплоты от рассеянной солнечной радиации

$K_{\text{обл}}$ – коэффициент облучения

$K_{\text{отн}}$ – коэффициент относительного проникания солнечной радиации

τ_2 – учет затемнения окна переплетами

$$K_{\text{инс}} = \left(1 - \frac{L_{\Gamma} \cdot \text{ctg}(\beta) - a}{H}\right) \cdot \left(1 - \frac{L_{\text{В}} \cdot \text{tg}(A_{\text{со}}) - c}{B}\right) \quad (3.3)$$

где L_{Γ} , $L_{\text{В}}$ – глубина установки окон от поверхности стены

β – угол между вертикалью и проекцией солнечного луча на вертикальную плоскость, перпендикулярную окну

a , c – поправка на внешние солнцезащитные козырьки

H – высота окна

$A_{\text{со}}$ – солнечный азимут остекления

B – ширина окна

Угол между вертикалью и проекцией солнечного луча на вертикальную плоскость, перпендикулярную окну

$$\beta = \arctg \cdot (\text{ctg}(h) \cdot \cos(A_{\text{со}})) \quad (3.4)$$

где h – высота стояния солнца

Для окон, выходящих на Юг в г. Липецк, расположенных на широте 52 градуса при истинном астрономическом времени 11 ÷ 12 часов, то соответствует 14 ÷ 15 часам местного времени (времени работы зала).

$h = 58$ °С – высота стояния солнца

$A_{\text{с}} = 13$ °С – азимут солнца

$A_{\text{со}} = A_{\text{с}}$ – солнечный азимут остекления

$q_{\text{пр}} = 344$ Вт/м² – количество теплоты от прямой солнечной радиации через одинарное остекление в июле

$q_{\text{рас}} = 91$ Вт/м² – количество теплоты от рассеянной солнечной радиации через одинарное остекление в июле

Угол между вертикалью и проекцией солнечного луча на вертикальную плоскость, перпендикулярную окну

$$\beta = \arctg \cdot (\text{ctg}(58) \cdot \cos(13)) = 31,335$$

В бассейне по 4 окна, расположенных с южной и северной стороны

$H = 2$ м – высота окна

$B = 2.5$ м – ширина окна

$a = c = 0$ – внешние солнцезащитные козырьки отсутствуют

$L_{\Gamma} = L_{\text{В}} = 0.1$ м – глубина установки окон в поверхности стен

Коэффициент инсоляции через вертикальное остекление

$$K_{\text{инс}} = \left(1 - \frac{0.1 \cdot \text{ctg}(31.335) - 0}{2}\right) \cdot \left(1 - \frac{0.1 \cdot \text{tg}(13) - 0}{2.5}\right) = 1.592$$

$K_{\text{обл}} = 1$ – коэффициент облучения при отсутствии солнцезащитных устройств при ширине и высоте окна более 1 м

$K_{\text{отн}} = 0.8$ – коэффициент относительного проникания солнечной радиации при двойном остеклении без защитных устройств и толщине стекла 4 мм

$\tau_2 = 0.85$ – учет затемнения окна переплетами при двойном остеклении в металлических спаренных переплетах

Поступления теплоты от солнечной радиации через вертикальные окна

$$q_{\text{ср}} = (344 \cdot 1.592 + 91) \cdot 0.8 \cdot 0.85 = 434.395 \text{ Вт/м}^2$$

Поступления теплоты вследствие теплопередачи через окна

$$q_{\text{T}} = \frac{t_{\text{н.усл}} - t_{\text{в1}}}{R_{\text{ок}}} \quad (3.5)$$

где $t_{\text{н.усл}}$ – температура наружной поверхности окна

$R_{\text{ок}}$ – температурное сопротивление окна

$t_{\text{в1}}$ – внутренняя температура у поверхности окна

Температура наружной поверхности окна

$$t_{\text{н.усл}} = t_{\text{н.ср}} + 0.5 \cdot A t_{\text{н}} \cdot \beta_2 + \frac{S_{\text{в}} \cdot K_{\text{инс}} + D_{\text{в}} \cdot K_{\text{отн}}}{\alpha_{\text{н}}} \cdot \rho \cdot \tau_2 \quad (3.6)$$

где $t_{\text{н.ср}}$ – средняя температура июля

$A t_{\text{н}}$ – среднесуточная амплитуда колебания температуры наружного воздуха

$S_{\text{в}}, D_{\text{в}}$ – количество теплоты, поступающей на вертикальную поверхность в 12 ÷ 13 часов, ориентированную на юг

β_2 – учет гармонического изменения температуры наружного воздуха

ρ – приведенный коэффициент поглощения солнечной радиации

$t_{\text{н.ср}} = 25.9$ °С – средняя температура июля по СП 131.133330.2018

$At_H = 11.4 \text{ } ^\circ\text{C}$ – среднесуточная амплитуда колебания температуры наружного воздуха по СП 131.133330.2018

$\beta_2 = 0.87$ – учет гармонического изменения температуры наружного воздуха

$S_B = 424 \text{ Вт/м}^2$ и $D_B = 123 \text{ Вт/м}^2$ – количество теплоты, поступающей на вертикальную поверхность

Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_H = 5.8 + 11.6 \cdot \sqrt{u_B} \quad (3.7)$$

u_B – скорость ветра

$u_B = 4.1 \text{ м/с}$ – скорость ветра

Коэффициент теплоотдачи

$$\alpha_H = 5.8 + 11.6 \cdot \sqrt{4.1} = 29.288 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Температура наружной поверхности окна

$$t_{H, \text{Усл}} = 25.9 + 0.5 \cdot 11.4 \cdot 0.87 + \frac{424 \cdot 1.592 + 123 \cdot 0.8}{29.288} \cdot 0.4 \cdot 0.85 = 39.84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$R_{ок} = 0.31$ – термическое сопротивление окна при двойном остеклении в металлических спаренных переплетах

$t_{B1} = 31 + 1 = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$ – внутренняя температура около окон

Поступления теплоты вследствие теплопередачи через окна, ориентированные на юг

$$q_T = \frac{39.84 - 32}{0.31} = 25.289 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Площадь всех окон с одной стороны

$$F_{ок} = H \cdot B \cdot 8 \quad (3.8)$$

$$F_{ок} = 2 \cdot 2.5 \cdot 8 = 40 \text{ м}^2$$

Поступления теплоты через окна, ориентированные на юг

$$Q_{\text{ср.ю}} = (q_{\text{ср}} + q_T) \cdot F_{ок} \quad (3.9)$$

$$Q_{\text{ср.ю}} = (434.395 + 25.285) \cdot 40 = 1.839 \cdot 10^4 \text{ Вт}$$

$q_{\text{пр.с}} = 0 \text{ Вт/м}^2$ и $q_{\text{рас.с}} = 59 \text{ Вт/м}^2$ – количество теплоты, поступающей от солнечной радиации через одинарное остекление окон в июле

Одновременно с севера через 4 окна поступает рассеянная солнечная радиация при истинном астрономическом времени 11 ÷ 12 часов

$$q_{\text{ср.с}} = (0 \cdot 1.592 + 59) \cdot 0.8 \cdot 0.85 = 40.12 \text{ Вт/м}^2$$

$S_{\text{в}} = 0 \text{ Вт/м}^2$ и $D_{\text{в}} = 80 \text{ Вт/м}^2$ – количество теплоты, поступающей на вертикальную поверхность

Температура наружной поверхности окна

$$t_{\text{н.усл.с}} = 25.9 + 0.5 \cdot 11.4 \cdot 0.87 + \frac{0 \cdot 1.592 + 80 \cdot 0.8}{29.288} \cdot 0.4 \cdot 0.85 = 31.602 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Поступления теплоты вследствие теплопередачи через окна, ориентированные на север

$$q_{\text{т.с}} = \frac{31.601 - 32}{0.31} = -1.284 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Поступление теплоты через окна, ориентированные на север

$$Q_{\text{ср.с}} = (40.12 - 1.284) \cdot 2 \cdot 2.5 \cdot 8 = 1.553 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Общее количество теплоты, поступающей от солнечной радиации

$$Q_{\text{ср}} = Q_{\text{ср.ю}} + Q_{\text{ср.с}} \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{ср}} = 1.839 \cdot 10^4 + 1.553 \cdot 10^3 = 1.994 \cdot 10^4 \text{ Вт}$$

Поступления теплоты от пловцов

$$Q_{\text{пл}} = q_{\text{я}} \cdot N \cdot (1 - 0.33) \quad (3.11)$$

где $q_{\text{я}}$ – поступления явной теплоты от пловцов

0.33 – доля времени, проводимая пловцами в бассейне

$q_{\text{я}} = 60 \text{ Вт}$ – поступления явной теплоты от пловцов

$$Q_{\text{пл}} = 60 \cdot 48 \cdot (1 - 0.33) = 1.93 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Поступления теплоты от обходных дорожек

$$Q_{\text{я.од}} = \alpha_{\text{од}} \cdot F_{\text{од}} \cdot (t_{\text{од}} - t_{\text{в}}) \quad (3.12)$$

где $\alpha_{\text{од}}$ – коэффициент теплоотдачи обходных дорожек

$t_{\text{од}}$ – температура обходных дорожек

$\alpha_{\text{од}} = 10 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ – коэффициент теплоотдачи обходных дорожек

$t_{\text{од}} = 31 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура обходных дорожек

$$Q_{\text{я.од}} = 10 \cdot 175 \cdot (31 - 27) = 7 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Потери теплоты на нагрев зеркала воды

$$Q_B = \alpha \cdot F_B \cdot (t_B - t_{\text{пов}}) \quad (3.13)$$

где α – коэффициент теплоотдачи от воды к воздуху

$t_{\text{пов}}$ – температура поверхности воды

$$t_{\text{пов}} = t_w - 1$$

$$t_{\text{пов}} = 26 - 1 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$\alpha = 4$ коэффициент теплоотдачи от воды к воздуху

$$Q_B = 4 \cdot 275 \cdot (27 - 25) = 2.2 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Избытки явной теплоты днем

$$Q_{\text{я}} = Q_{\text{ср}} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{я.од}} - Q_B \quad (3.14)$$

$$Q_{\text{я}} = 1.994 \cdot 10^4 + 1.93 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^3 - 2.2 \cdot 10^3 = 2.667 \cdot 10^4 \text{ Вт}$$

Поступления влаги

Влаговыделения от пловцов

$$W_{\text{пл}} = q \cdot N \cdot (1 - 0.33) \quad (3.15)$$

где q – количество выделяемой влаги одним человеком

0.33 – доля времени, проводимая пловцами в бассейне

$q = 200 \text{ Вт}$ – количество выделяемой влаги одним человеком

$$W_{\text{пл}} = 200 \cdot 48 \cdot (1 - 0.33) = 6.432 \cdot 10^3 \text{ г/ч}$$

Поступление влаги с поверхности бассейна

$$W_{\text{б}} = \frac{A \cdot F_B \cdot \sigma_{\text{ис}} \cdot (d_w - d_B)}{1000} \quad (3.16)$$

где A – коэффициент, учитывающий интенсификацию испарения воды при наличии купающихся по сравнению со спокойной поверхностью

$\sigma_{\text{ис}}$ – коэффициент испарения

d_w – влагосодержание воды у поверхности

d_B – влагосодержание воздуха в рабочей зоне

$$\sigma_{\text{ис}} = 25 + 19 \cdot u \quad (3.17)$$

u – подвижность воздуха над ванной бассейна

$u = 0.1 \text{ м/с}$ – подвижность воздуха над ванной бассейна

Коэффициент испарения

$$\sigma_{ис} = 25 + 19 \cdot 0.1 = 26.9 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}$$

$d_B = 13.0 \text{ г/кг}$ при $t_B = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\varphi_B = 60\%$ – влагосодержание воды у поверхности

$d_w = 20.8 \text{ г/кг}$ при $t_{пов} = t_w - 1 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ и $\varphi_B = 100\%$ – влагосодержание воздуха в рабочей зоне

Поступление влаги с поверхности бассейна

$$W_6 = \frac{1.5 \cdot 275 \cdot 26.9 \cdot (20.8 - 13.0)}{1000} = 86.551 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Поступления влаги с обходных дорожек

$$W_{од} = 6.1 \cdot (t_B - t_{мт}) \cdot F_{см} \quad (3.18)$$

где $F_{см}$ – площадь смоченной части обходных дорожек

$t_{мт}$ – температура поверхности воды на смоченной части обходных дорожек

Площадь смоченной части обходных дорожек

$$F_{см} = F_{од} \cdot 0.45 \quad (3.19)$$

$$F_{см} = 175 \cdot 0.45 = 78.75 \text{ м}^2$$

где $t_{мт} = 20.5 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура поверхности воды на смоченной части обходных дорожек

$$W_{од} = 6.1 \cdot (27 - 20.5) \cdot 78.75 = 3.122 \cdot 10^3 \text{ г/ч}$$

Суммарное поступление влаги

$$W = \frac{W_{пл}}{1000} + W_6 + \frac{W_{од}}{1000} \quad (3.20)$$

$$W = \frac{6.432 \cdot 10^3}{1000} + 86.551 + \frac{3.122 \cdot 10^3}{1000} = 96.105 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Полная теплота

$$Q_{п} = Q_{скр.б} + Q_{скр.од} + Q_{скр.пл} + 3.6 \cdot Q_{я} \quad (3.21)$$

где $Q_{скр.б}$ – скрытая теплота от поверхности бассейна

$Q_{скр.од}$ – скрытая теплота от обходных дорожек

$Q_{скр.пл}$ – скрытая теплота от пловцов

$Q_{\text{я}}$ – явная теплота

Скрытая теплота от поверхности бассейна

$$Q_{\text{скр.б}} = W_{\text{б}} \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot t_{\text{пов}}) \quad (3.22)$$

$$Q_{\text{скр.б}} = 86.551 \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot 25) = 2.113 \cdot 10^5 \text{ кДж/ч}$$

Скрытая теплота от обходных дорожек

$$Q_{\text{скр.од}} = 0.001 \cdot W_{\text{од}} \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot t_{\text{од}}) \quad (3.23)$$

$$Q_{\text{скр.од}} = 0.001 \cdot 3122.44 \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot 31) = 7.579 \cdot 10^3 \text{ кДж/ч}$$

Скрытая теплота от пловцов

$$Q_{\text{скр.пл}} = N \cdot (q - q_{\text{я}}) \cdot 3.6 \quad (3.24)$$

$$Q_{\text{скр.пл}} = 48 \cdot (200 - 60) \cdot 3.6 = 2.419 \cdot 10^4 \text{ кДж/ч}$$

Полная теплота

$$\begin{aligned} Q_{\text{п}} &= 2.113 \cdot 10^5 + 7.579 \cdot 10^3 + 2.419 \cdot 10^4 + 3.6 \cdot 2.67 \cdot 10^4 = \\ &= 3.391 \cdot 10^5 \text{ кДж/ч} \end{aligned}$$

Тепловлажностное отношение

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{п}}}{W} \quad (3.25)$$

$$\varepsilon = \frac{3.391 \cdot 10^5}{96.105} = 3.528 \cdot 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Построение процесса воздухообмена

На h - d диаграмме (рис. 3.1) через точку B проводим луч процесса ε . На пересечении луча с линией $d_{\text{н}} = \text{const}$ лежит точка Π . А на пересечении луча процесса с изотермой $t_{\text{y}} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – точка $У$.

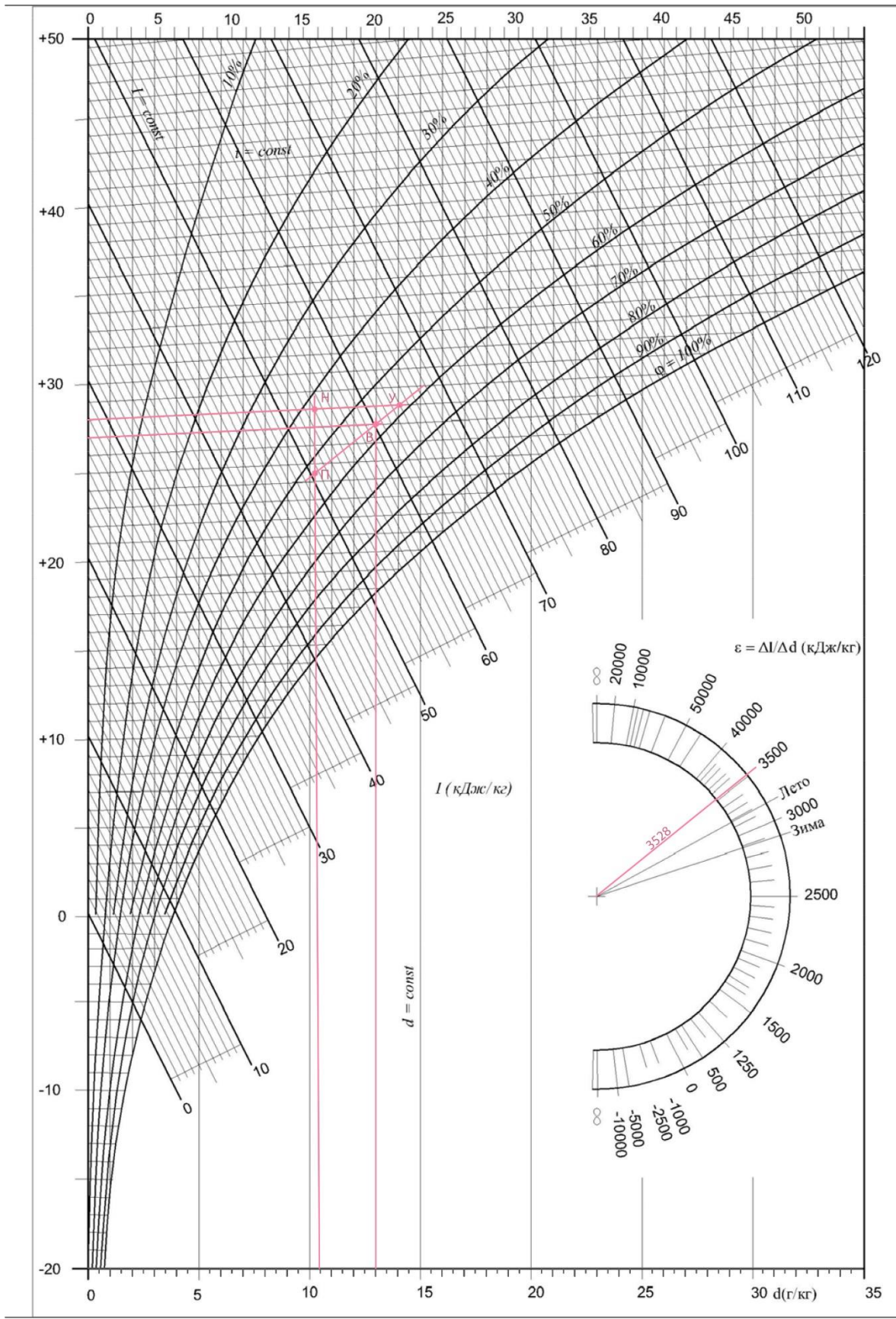


Рисунок 3.1. Процесс вентиляции бассейна в теплый период года

Данные, полученные при построении процессов на h-d диаграмме (рис.3.1) представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Параметры воздуха в теплый период года

Точки	t, °C	h, кДж/кг	d, г/кг	φ, %
В	27	61	13	60
У	28	65	14.1	58
П	24.6	50.3	10.44	53
Н	28	54.8	10.44	43

Воздухообмен, рассчитанный по влаговыведениям

$$G_w = \frac{W \cdot 1000}{d_y - d_{\Pi}} \quad (3.26)$$

где d_y – влагосодержание в точке У в теплый период года

d_{Π} – влагосодержание в точке П в теплый период года

Воздухообмен, рассчитанный по влаговыведениям

$$G_w = \frac{96.105 \cdot 1000}{14.1 - 10.44} = 2.626 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Воздухообмен, рассчитанный по полной теплоте

$$G = \frac{Q_{\Pi}}{h_y - h_{\Pi}} \quad (3.27)$$

где h_y – энтальпия в точке У в теплый период года

h_{Π} – энтальпия в точке П в теплый период года

Воздухообмен, рассчитанный по полной теплоте

$$G = \frac{3.391 \cdot 10^5}{67 - 49.2} = 2.307 \cdot 10^4 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Нормативный воздухообмен

$$L_{\text{н}} = N \cdot 80 \quad (3.28)$$

$$L_{\text{н}} = 48 \cdot 80 = 3.84 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L_{\text{н}} = 4.608 \cdot 10^3 \text{ кг/ч}$$

Нормативный воздухообмен, а также рассчитанный по полной теплоте меньше расчетного, поэтому, необходимо обеспечить воздухообмен, рассчитанный по влаговыведениям.

$$G_w = \frac{2.626 \cdot 10^4}{1.2} = 22000 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Наружный воздух необходимо охладить в воздухоохладителе до $23.1 \text{ }^\circ\text{C}$, чтобы не допустить возрастание температуры воздуха в бассейне до $30 \text{ }^\circ\text{C}$. В ночные часы температура наружного воздуха понижается на $10 \text{ }^\circ\text{C}$, поэтому необходим нагрев воздуха или утилизация теплоты.

Требуемое количество холода

$$Q_x = G \cdot (h_n - h_p) \quad (3.29)$$

где h_n – энтальпия воздуха в точке Н в теплый период года

$$Q_x = \frac{2.626 \cdot 10^4}{3600} \cdot (54.8 - 50.3) = 32.823 \text{ кВт}$$

3.2. Расчет воздухообмена в холодный период года

Относительная влажность $\varphi_B = 50 \%$, влагосодержание $d_B = 10.8 \text{ г/кг}$. Остальные параметры совпадают с параметрами теплого периода года, вместо $Q_{\text{ср}}$ учитывают $Q_{\text{осв}}$.

Поступление теплоты от освящения.

Освещенность $E = 150 \text{ лк}$

Удельные тепловыделения люминесцентных ламп диффузного рассеянного света с высотой подвески $> 3.6 \text{ м}$ $q_{\text{осв}} = 0,076 \text{ Вт/лк} \cdot \text{м}^2$

КПД освящения $\eta_{\text{осв}} = 0.45$

Поступление теплоты от освящения в холодный период года

$$Q_{\text{осв}} = F_{\text{пл}} \cdot E \cdot q_{\text{осв}} \cdot \eta_{\text{осв}} \quad (3.30)$$

$$Q_{\text{осв}} = 450 \cdot 150 \cdot 0.076 \cdot 0.45 = 2.309 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Поступления явной теплоты

$$Q_{\text{я}} = Q_{\text{осв}} + Q_{\text{пл}} + Q_{\text{я.од}} - Q_{\text{в}} \quad (3.31)$$

$$Q_{\text{я}} = 2.309 \cdot 10^3 + 1.93 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^3 - 2.2 \cdot 10^3 = 9.038 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

Поступления влаги

С поверхности бассейна

$$W_{\text{б}} = \frac{A \cdot F \cdot \sigma_{\text{ис}} \cdot (d_{\text{в}} - d_{\text{в}})}{1000} \quad (3.32)$$

$$W_{\text{б}} = \frac{1.5 \cdot 275 \cdot 26.9 \cdot (20.8 - 10.8)}{1000} = 110.963 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Поступления влаги с обходных дорожек

$$W_{\text{од}} = 6.1 \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{мт}}) \cdot F_{\text{см}} \quad (3.33)$$

$t_{\text{мт}}$ – температура мокрого термометра, равная 19 °С

$$W_{\text{од}} = 6.1 \cdot (27 - 19) \cdot 78.75 = 3.843 \cdot 10^3 \text{ г/ч}$$

Суммарное поступление влаги

$$W = \frac{W_{\text{пл}}}{1000} + W_{\text{б}} + \frac{W_{\text{од}}}{1000} \quad (3.34)$$

$$W = \frac{6.432 \cdot 10^3}{1000} + 110.96 + \frac{3.843 \cdot 10^3}{1000} = 121.238 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Полная теплота

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{скр.б}} + Q_{\text{скр.од}} + Q_{\text{скр.пл}} + 3.6 \cdot Q_{\text{я}} \quad (3.35)$$

Скрытая теплота от поверхности бассейна

$$Q_{\text{скр.б}} = W_{\text{б}} \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot t_{\text{пов}}) \quad (3.36)$$

$$Q_{\text{скр.б}} = 110.96 \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot 25) = 2.709 \cdot 10^5 \text{ кДж/ч}$$

Скрытая теплота от обходных дорожек

$$Q_{\text{скр.од}} = 0.001 \cdot W_{\text{од}} \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot t_{\text{од}}) \quad (3.37)$$

$$Q_{\text{скр.од}} = 0.001 \cdot 3.843 \cdot 10^3 \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot 31) = 9.328 \cdot 10^3 \text{ кДж/ч}$$

Скрытая теплота от пловцов

$$Q_{\text{скр.пл}} = N \cdot (q - q_{\text{я}}) \cdot 3.6 \text{ м} \quad (3.38)$$

$$Q_{\text{скр.пл}} = 48 \cdot (200 - 60) \cdot 3.6 = 2.419 \cdot 10^4 \text{ кДж/ч}$$

Полная теплота

$$Q_{\text{п}} = 2.709 \cdot 10^5 + 9.328 \cdot 10^3 + 2.419 \cdot 10^4 + 3.6 \cdot 9.038 \cdot 10^3 =$$

$$= 3.37 \cdot 10^5 \text{ кДж/ч}$$

Тепловлажностное соотношение

$$\varepsilon = \frac{Q_{\Pi}}{W} \quad (3.39)$$

$$\varepsilon = \frac{3.37 \cdot 10^5}{121.24} = 2.779 \cdot 10^3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Построение процесса воздухообмена

На h - d диаграмме (рис. 3.2) через точку B проводим луч процесса ε . На пересечении луча с линией $d_{\text{н}} = \text{const}$ лежит точка K .

В холодный период года применяют рециркуляцию воздуха. Рециркуляция воздуха позволяет значительно снизить затраты энергии на нагрев приточного воздуха.

Изменение внутреннего и наружного влагосодержания принято по теплому периоду соответственно $d_{\text{в}} = 13.0$ г/кг $d_{\text{н}} = 10.44$ г/кг

$$\Delta d_{\text{рэ}} = d_{\text{в}} - d_{\text{н}} \quad (3.40)$$

$$\Delta d_{\text{рэ}} = 13 - 10,44 = 2.56 \text{ г/кг}$$

Влагосодержание в холодный период $d_{\text{в}} = 11.4$ г/кг

$$d_{\text{см}} = d_{\text{в}} - \Delta d_{\text{рэ}} \quad (3.41)$$

$$d_{\text{см}} = 11.4 - 2.56 = 8.84 \text{ г/кг}$$

На пересечении линий $d_{\text{см}}$ и ε лежит точка C , совпадающая с точкой Π , которая была получена в расчете для теплого периода.

Влагосодержание удаляемого воздуха

$$d_{\text{у}} = d_{\text{см}} + K_L \cdot (d_{\text{в}} - d_{\text{н}}) \quad (3.42)$$

где K_L – показатель организации воздухообмена при подаче воздуха снизу вверх через линейные диффузоры согласно [2] примем равным 1.6

$$d_{\text{у}} = 8.84 + 1.6 \cdot (11.4 - 8.84) = 13 \frac{\text{г}}{\text{кг}}$$

На пересечении линий $d_{\text{у}}$ и ε лежит точка $У$.

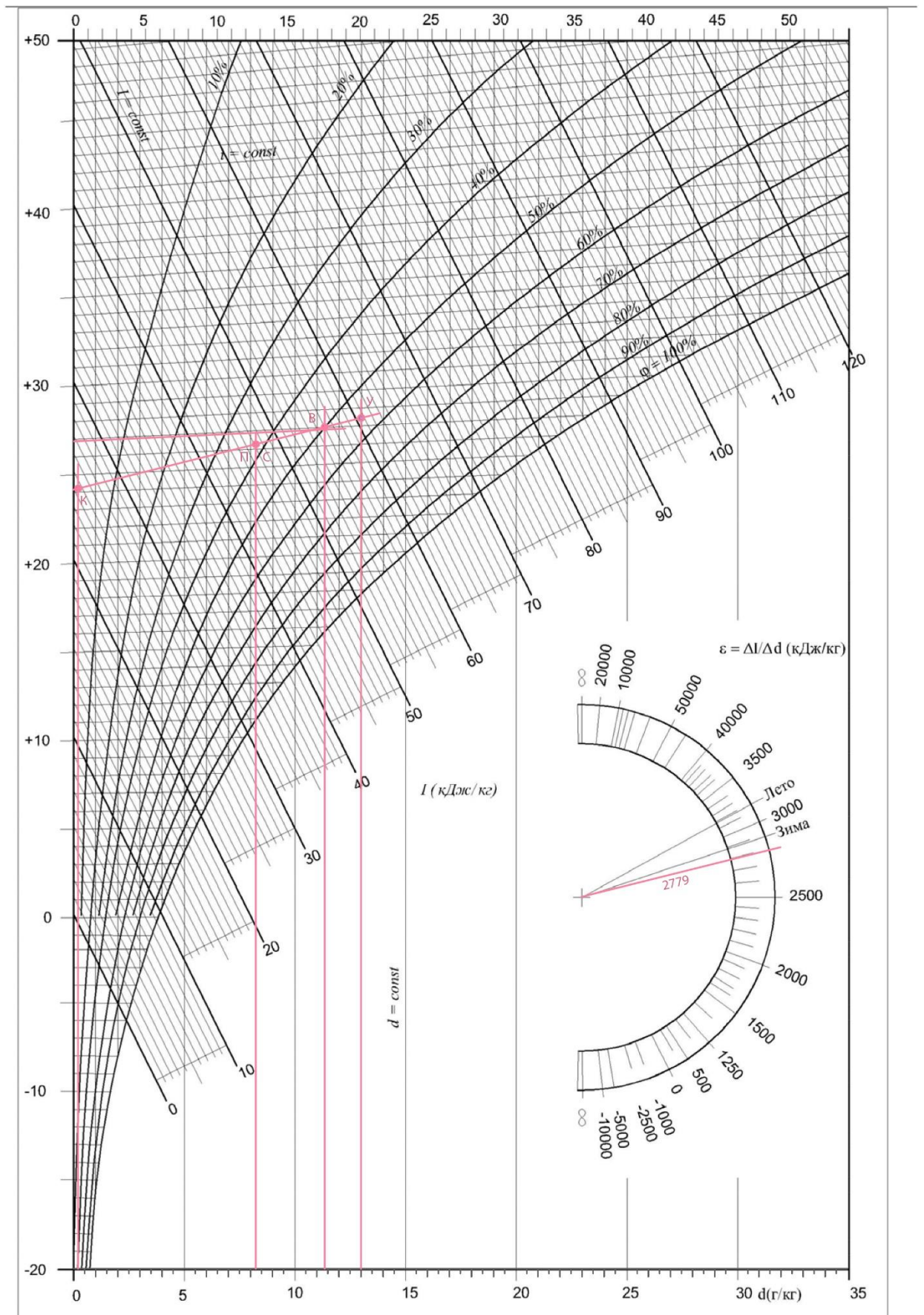


Рисунок 3.2. Процесс вентиляции бассейна в холодный период года

Данные, полученные при построении процессов на h-d диаграмме (рис.3.2) и необходимые для расчета представлены в таблице 3.4.

Таблица 3. 4

Параметры воздуха в холодный период года

Точки	t, °С	h, кДж/кг	d, г/кг	φ, %
В	27	55	11.4	50
У	27.4	60.6	27.76	56
П, С	26.3	47.1	8.24	38
К	24.2	24.7	0.2	3
Н	-27	-26,5	0.2	5

Количество приточного наружного воздуха можно определить из материального баланса.

$$G_H = G \cdot \frac{d_y - d_{cm}}{d_y - d_H} \quad (3.43)$$

$$G_H = 2.626 \cdot 10^4 \cdot \frac{13 - 8.24}{13 - 0.2} = 8.445 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

3.2. Аэродинамический расчет

Определение размеров поперечного сечения воздуховодов, а так же потерь давления в системе и на отдельных участках и есть аэродинамический расчет воздуховодов. При аэродинамическом расчете воздуховодов систем вентиляции пользуемся значениями избыточных давлений, условно принимая за нуль атмосферное давление, а также пренебрегаем сжимаемостью воздуха в воздуховодах.

Воздуховоды систем приточной и вытяжной вентиляции изготавливаются из оцинкованной тонколистовой стали. Воздухозаборный воздуховод и воздуховоды приточных систем теплоизолируются изоляционным материалом, толщиной 10 мм.

После расчета воздухообмена в помещениях и решения по трассировке воздуховодов и каналов выполняется аэродинамический расчет систем приточно-вытяжной вентиляции. Аэродинамический расчет проводится на основе архитектурно-строительных и технологических чертежей. Для этого, вычерчивается аксонометрическая схема системы вентиляции, по которой определяется протяженность отдельных ее ветвей и размещаются элементы сети.

Схема разбивается на отдельные расчетные участки, каждый из которых характеризуется постоянным расходом воздуха. Потери давления на участке рассчитываются путем суммирования потерь на трение и потерь в местных сопротивлениях и зависят от скорости движения воздуха.

Обзначається основне расчетное направление: цепочка последовательно расположенных участков от начала системы до наиболее удаленного ответвления.

Потери давления в системе равны потерям давления в основной расчетной цепи, состоящим из потерь давления на всех последовательно расположенных участках, составляющих цепь, и потерь давления в вентиляционном оборудовании (фильтрах, калориферах и пр.).

Рекомендуемая скорость движения воздуха на участке, м/с, исходя из экономичности и бесшумности для общественных зданий приведена в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Рекомендуемые скорости движения воздуха на участках и в элементах вентиляционных систем.

Участки и элементы вентсистем	Рекомендуемые скорости, м/с, движения воздуха в системах вентиляции:	
	естественной	механической
Жалюзи воздухозабора	0,5-1,0	2,0-4,0
Приточные шахты	1,0-2,0	2,0-6,0
Горизонтальные воздуховоды и сборные каналы	1,0-1,5	5,0-9,0
Вертикальные каналы	1,0-1,5	2,0-5,0
Приточные решетки у потолка	0,5-1,0	0,5-1,0
Вытяжные решетки	0,5-1,0	1,0-2,0
Вытяжные шахты	1,5-2,0	3,0-6,0
Жалюзи воздухозабора	0,5-1,0	2,0-4,0

Аэродинамический расчет воздуховодов сводится к определению размеров их поперечного сечения, а также потерь давления на отдельных участках и в системе в целом.

При аэродинамическом расчете воздуховодов систем вентиляции пренебрегаем сжимаемостью перемещаемого воздуха и пользуемся

значениями избыточных давлений, принимая за условный нуль атмосферное давление.

Потери давления в системе вентиляции воздуха состоят из суммы потерь давления в каждом участке. Расчет потерь давления в системе вентиляции выполнен на основе методики [1].

Фактическую скорость в прямоугольном воздуховоде можно найти по формуле:

$$v_{\phi} = \frac{L}{3600 \cdot (a \cdot b)} \quad (3.44)$$

где L – расход воздуха

a, b – высота и ширина воздуховода

Гидравлический радиус прямоугольного воздуховода:

$$D = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} \quad (3.45)$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re = 64100 \cdot D \cdot v_{\phi} \quad (3.46)$$

Коэффициент гидравлического трения для $Re > 60000$:

$$\lambda = 0.1266 \cdot Re^{-0.167} \quad (3.47)$$

Потери давления на расчетном участке:

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + \Sigma \text{КМС} \right) \cdot 0.6 \cdot v_{\phi}^2 + p \quad (3.48)$$

где $\Sigma \text{КМС}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений

p – сопротивление линейного диффузора или решетки

l – длина расчетного участка воздуховода

На данном объекте принято решение использовать линейные диффузоры фирмы Hidria в напольном исполнении типа LD. Это оборудование применяется в бассейнах и подобных помещениях с большими застекленными поверхностями и окнами. По каталогам компании для подачи приточного воздуха подобраны линейные диффузоры LD-16N (рис 3.3) в напольном исполнении длиной 2 м каждый.

Шестирядный LD-16N/6

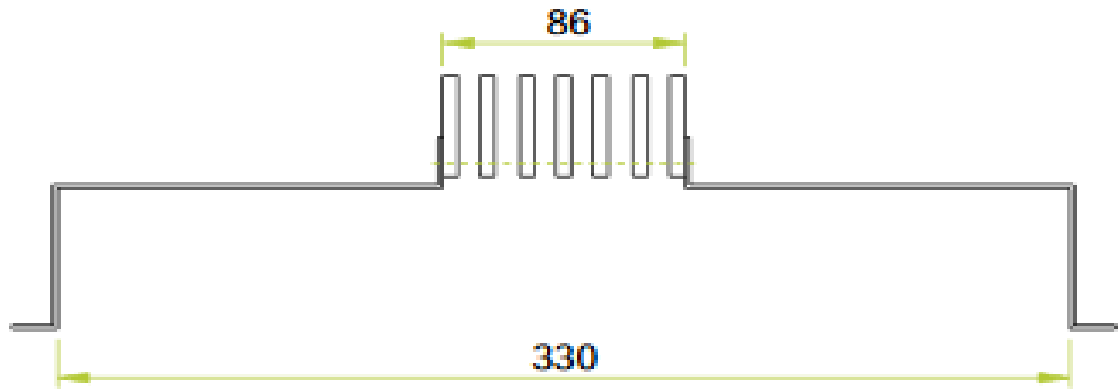


Рисунок 3.3. Линейный диффузор LD-16N

Было принято решение подобрать шестирядный линейный диффузор LD-16N/6 исходя из диаграммы быстрого подбора диффузора (рис. 3.4). Где на оси ординат откладывается длина застекленной поверхности, а на оси абсцисс откладывается расход воздуха. Для данного бассейна длина застекленной поверхности составляет 20 м, а расход воздуха 11000 м³/ч.

Диаграмма для быстрого выбора диффузора:

$L_{WA} < 35$ дБ(А); $V_{ef} = 2,5$ м/с; $\Delta p_t = 16$ Па

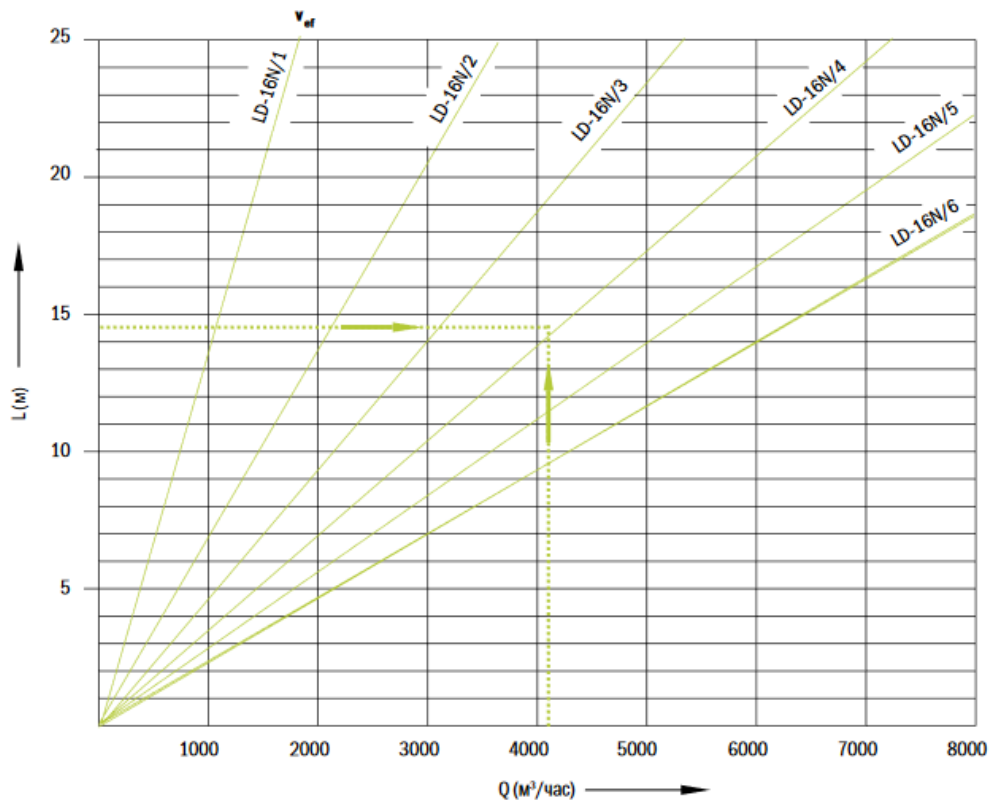


Рисунок 3.4. Диаграмма для быстрого подбора диффузора

Система приточной вентиляции расположена в подвале. После нагнетателя воздуховод разделяется на два одинаковых ответвления, каждое из которых идет в разные стороны (к северной и южной стенам). После чего каждый из них поднимается вверх до необходимой высоты. Далее размеры воздуховодов и скорости воздуха в них уменьшаются через каждые два диффузора.

Результаты аэродинамического расчета приточной вентиляции представлены в таблице 4.

Расчет вытяжной системы выполняется аналогично. В данном случае система находится под потолком и представляет из себя единый прямой воздуховод без поворотов и ответвлений. Каждый метр находятся вытяжные решетки АМН-К 800х300 с чередованием поворота «направо-налево».

Результаты аэродинамического расчета вытяжной вентиляции представлены в таблице 5.

Таблица 3.6

Результаты аэродинамического расчета приточного воздуха

№ участка	Подача L, м ³ /ч	Длина l, м	$v_{рек}$, м/с	Сечение а x в	$v_{ф}$, м/с	D_L , м	Re	λ	КМС	Потери на участке ΔP , Па
1	22000	3	7	900x950	7.147	0.924	$4.235 \cdot 10^8$	0.005	0.5	15
2	11000	7	6	900x550	6.173	0.683	$2.702 \cdot 10^8$	0.005	0.29	39
3	9308	4	5,5	850x550	5.531	0.668	$2.368 \cdot 10^8$	0.005	0.1	34
4	7626	4	5	750x550	5.129	0.635	$2.086 \cdot 10^8$	0.005	0.1	34
5	5924	4	4.5	750x500	4.388	0.600	$1.688 \cdot 10^8$	0.005	0.1	33
6	4232	4	4	600x500	3.919	0.546	$1.37 \cdot 10^8$	0.006	0.1	33
7	2540	4	3.5	400x500	3.528	0.444	$1.005 \cdot 10^8$	0.006	0.1	33
8	848	4	3	150x500	3.141	0.231	$4.646 \cdot 10^7$	0.007	0.1	33
Суммарные потери: 508 Па										

Потери давления с учетом запаса составляет 115% от суммарных потерь давления. Следовательно, далее принимаем суммарные потери равными 580 Па.

Таблица 3.7

Результаты аэродинамического расчета вытяжки

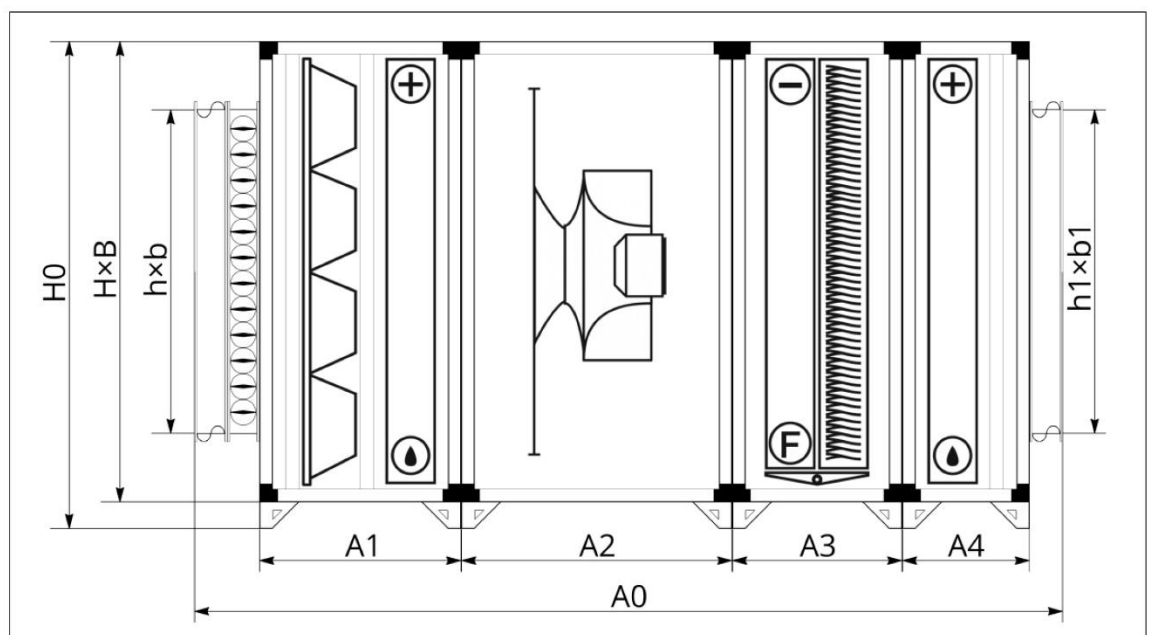
№ участка	Подача L, м ³ /ч	Длина l, м	$v_{рек}$, м/с	Сечение а x в	$v_{ф}$, м/с	D_L , м	Re	λ	КМС	Потери на участке ΔP , Па
1	22000	3	7	1100x800	6.944	0.926	$4.123 \cdot 10^8$	0.005	2	70
2	18608	4	6.5	1000x800	6.464	0.889	$3.683 \cdot 10^8$	0.005	2	61
3	15216	4	6	1000x700	6.044	0.824	$3.191 \cdot 10^8$	0.005	2	53
4	11824	4	5.5	850x700	5.531	0.768	$2.722 \cdot 10^8$	0.005	2	45
5	8423	4	5	850x550	5.029	0.668	$2.153 \cdot 10^8$	0.005	2	38
6	5040	4	4.5	550x550	4.665	0.550	$1.645 \cdot 10^8$	0.005	2	33
7	1648	4	4	550x200	4.283	0.293	$8.053 \cdot 10^7$	0.006	2	28
Суммарные потери: 656 Па										

Потери давления с учетом запаса составляет 115% от суммарных потерь давления. Следовательно, далее принимаем суммарные потери равными 750 Па.

4 ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ В БАССЕЙНЕ

Для обеспечения оптимальных параметров приточного воздуха было подобрано два центральных каркасно-панельных кондиционера, расчет которых представлен в приложениях 1 и 2.

На рисунке 3.5 представлена схема центрального каркасно-панельного кондиционера П-1 для приточного воздуха.



A1	A2	A3	A4	B	H	b	b1	h	h1
760	1020	640	480	1700	1735	1400	1400	1220	1220

A0	H0
3270	1835

Рис. 3.5. центральный каркасно-панельного кондиционер П-1

Технические характеристики установки П1 представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8

Технические характеристики установки

Режим	Зимний	Летний
Гибкая вставка	G1	
ширина, высота,шина, мм;	1400x1220x30	
вес, кг	8 кг	
Клапан воздушный	V.1	
Расход воздуха, м3/ч	22 000	
Скорость воздуха, м/с	3.6	3.6
Падение давления, Па	10.4	10.4
Вес, кг	54	
Карманный фильтр	EU4	
Расход воздуха, м3/ч	22 000	
Сопротивление, Па	145	
Количество вставок, шт.	4	
Вес, кг	68	
Нагреватель водяной	HW.2	
Подсоединение по воде	2"	
Расход воздуха, м3/ч	22 000	22 000
Температура на входе, °С	- 27	
Температура на выходе, °С	24.6	
Мощность max, кВт	386	
Скорость воздуха, м/с	2.8	
Падение давления	40.6	40.6
Тип теплоносителя	Вода	
Температура прямой, °С	95	
Температура обратной, °С	70	
Расход воды, м3/ч	13.65	
Гидравлическое сопротивление, кПа	23.87	
Вес, кг	172	
Вентилятор	FEC4.R50	
Расход воздуха, м3/ч	22 000	22 000

Продолжение таблицы 3.8.

Режим	Зимний	Летний
Свободный напор, Па	580	580
Падение давления в уст., Па	300	300
Требуемое давление, Па	880	880
Кол-во вентиляторов, шт	4	
Скорость вращения, об/мин	1668	1668
Питание	3ф / 50 Гц / 380	
Потребл. мощность, кВт	9,1	9,1
КПД секции, %	61	61
Уровень звуковой мощности, полный: Lw на нагнетание = 92.7 dB Lw на всасывание = 82.8 dB Lw к окружению = 67.9 dB	Уровень звуковой мощности, взвешенный: LwA на нагнетание = 89.5 dB(A) LwA на всасывание = 78.1 dB(A) LwA к окружению = 61.3 dB(A)	
Вес, кг	370	
Охладитель фреоновый	CF.3	
Подсоед. по фреону, вход	2 x 1 3/8"	
Подсоед. по фреону, выход	2 x 2 1/8"	
Кол-во ступеней охлаж, шт	2	
Марка фреона	R410A	
Температура кипения, °C		7
Температура перегрева, °C		6
Температура конденсац, °C		50
Температура переохлаж, °C		5
Расход воздуха, м3/ч	22 000	22 000
Температура на входе, °C		28
Температура на выходе, °C		19.9
Мощность тах, кВт		116
Мощность явная, кВт		66
Скорость воздуха, м/с		2.8
Падение давления, Па	80.7	80.7
Вес, кг	267	

Продолжение таблицы 3.8.

Режим	Зимний	Летний
Нагреватель водяной	НВ.1	
Подсоединение по воде	2"	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	22 000
Температура на входе, °С		10
Температура на выходе, °С		24.6
Мощность max, кВт		138
Скорость воздуха, м/с		2.8
Падение давления	23	23
Тип теплоносителя		Вода
Температура прямой, °С		95
Температура обратной, °С		70
Расход воды, м ³ /ч		4.89
Гидравлическое сопротивление, кПа		2.89
Вес, кг	140	

К приточной установке П-1 необходимо подобрать вентиляционное оборудование на вытяжную систему. Выполним подбор центробежного вентилятора ROVER в звукоизолированном корпусе со встроенным вентилятором TRZ/HRZ.

Центробежные вентиляторы с клиноременной передачей TRZ, HRZ, TRE, HRE (рис 3.6).

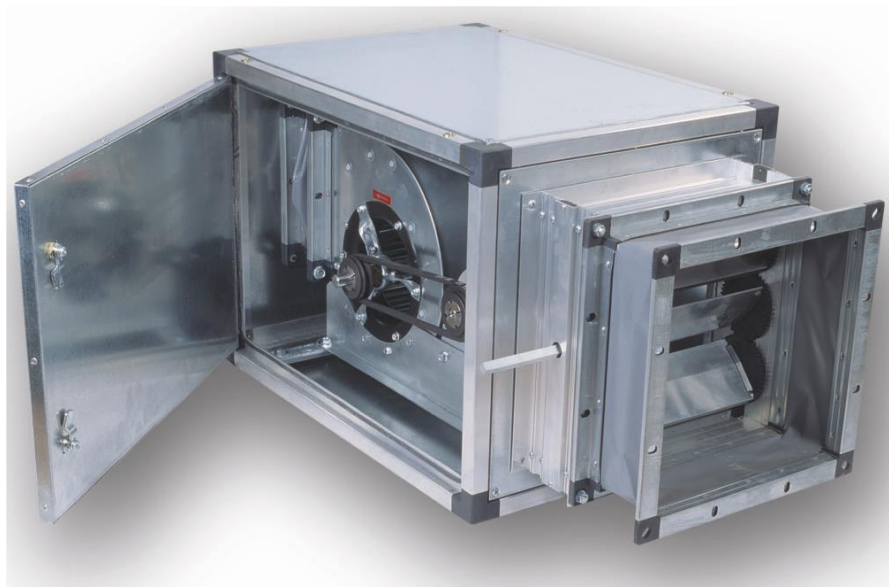


Рисунок 3.6. Центробежный вентилятор с клиноременной передачей

Применение. Вентиляторы предназначены для использования в крупных системах общеобменной приточно-вытяжной вентиляции и локальных систем (систем с местными отсосами) для обеспечения подачи воздуха в общественные и административно бытовые здания и в производственные помещения. Мощные вентиляторы двустороннего всасывания используются при производстве вентиляторных секций центральных кондиционеров и отдельных вентиляторных блоков в шумоизолированном корпусе. На рисунке 3.7 представлена расшифровка названий вентиляторов.

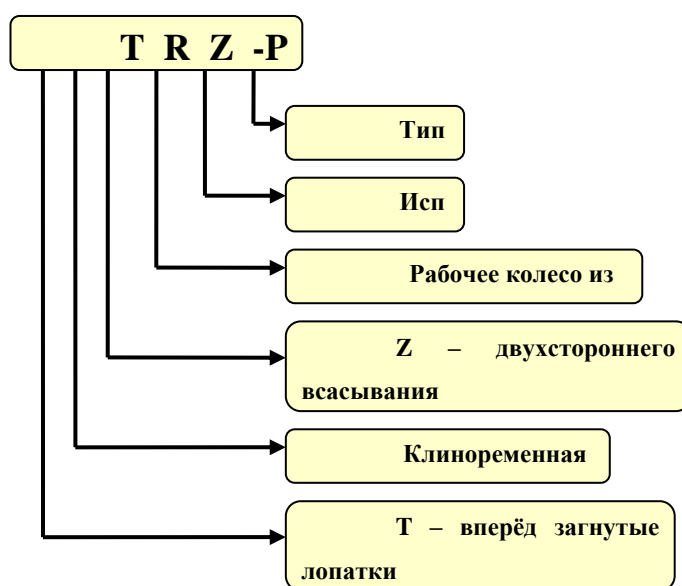


Рисунок 3.7. Расшифровка вентиляторов

Подбор вентиляторов TRZ, HRZ, TRE, HRE по каталогу.

Необходимо подобрать вентилятор одностороннего всасывания с клиноременной передачей. Расчётные параметры сети:

Потери давления = 656 Па

Расход воздуха 22 000 м³/час.

Подбор вентилятора:

1. С учетом корректирования

$$L = 22000 \text{ м}^3/\text{час}$$

$$\Delta P = 750 \text{ Па}$$

2. Построение характеристики сети.

Определяем постоянную характеристику сети k .

$$k = \frac{\Delta P}{L^2} \quad (3.49)$$

$$k = \frac{750}{22000^2} = 0.00000155$$

3. Выбор рабочего колеса.

Чем меньше типоразмер, тем дешевле. Выбираем вентилятор TRZ-630

(по каталогу).

4. Учетывание динамического давления.

По заданному расходу воздуха определяем по графику динамическое давление $\Delta P_d = 85 \text{ Па}$.

Уточняем значение полного давления:

$$\Delta P = 750 + 85 = 835 \text{ Па}$$

5. Частота вращения рабочего колеса.

По зависимости полного давления от расхода (по каталогу) находим частоту вращения рабочего колеса. $n = 740 \text{ об}/\text{мин}$

6. Мощность рабочего колеса.

Для найденной частоты находим мощность рабочего колеса (мощность на валу вентилятора).

$$P_W = 12 \text{ кВт}$$

7. Мощность электродвигателя.

По рис. 3.8 определяем поправочный коэффициент $K_W = 15\%$. $K_W = (15 \div 25)\%$.

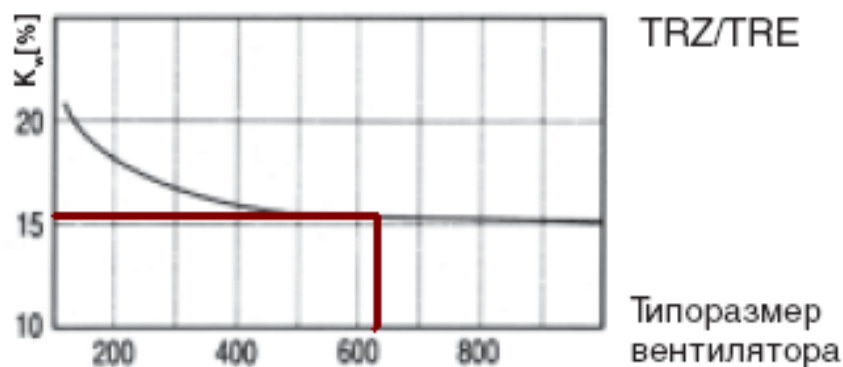


Рисунок 3.8 поправочный коэффициент

Мощность электродвигателя

$$N = P_W \cdot \left(1 + \frac{K_W}{100}\right) \quad (3.50)$$

$$N = 12 \cdot \left(1 + \frac{15}{100}\right) = 13.8 \text{ кВт}$$

8. Выбор двигателя.

По прайс-листу выбираем 4-х полюсный двигатель. Выбираем односкоростной 4-х полюсной двигатель для вентиляторов TR.../HR...
Мощность $N = 15 \text{ кВт}$. Двигатель 160L-4.

9. Выбор типа корпуса представлен в таблице 3.9.

Таблица 3.9

Выбор типа корпуса

№ п/п	Исполнение	Описание
1	00	Корпус.
2	03	Корпус + фланец на выходе + монтажные ноги.
3	05	Корпус, усиленный рамой + фланец на выходе.
4	07	Корпус, усиленный рамой, усиленное крепление вала на раме + фланец на выходе.
5	...REB	Варианты TREB, HREB. Корпус вентилятора, основание и салазки двигателя выполнены в виде единой конструкции.

Выбираем корпус, усиленный рамой.

10. Выбор антивибрационных опор.

Опоры, предназначенные для эффективной компенсации вибрации, передаваемой на опорную поверхность. Рама двигателя обычно устанавливается на пружинные (рекомендуется) или резиновые антивибрационные опоры.

По типу, типоразмеру вентилятора и по типу двигателя выбираем тип антивибрационных опор FSD 4/2.

11. Определение шумовых характеристик.

В зависимости от расхода воздуха и частоты вращения рабочего колеса по графику определяем шумовые характеристики вентилятора TRZ-630.
 $L_{Wa} = 90dB(A)$.

12. Определяем уровень звуковой мощности по по таблице 3.10.

Таблица 3.10

Определение уровней звуковой мощности по октавным частотам

Модель	Средние частоты октавных полос, Гц.							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
TRZ/TRE	9	4	0	-3	-5	-9	-14	-18
HRZ/HRE	7.5	3	2	-3	-5	-9	-15	-18

13. Перечень аксессуаров вентиляторов TRZ/HRZ/TRE/HRE представлен в таблице 3.11.

Таблица 3.11

Аксессуары вентиляторов TRZ/HRZ/TRE/HRE

п/п	Аксессуары	TRE / HRE	TRZ / HRZ	Назначение
1	Ножки	+	+	Монтажные металлические виброопоры служат для установки вентиляторов.

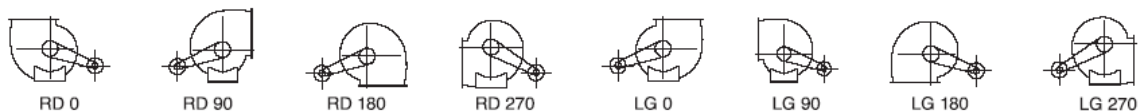
Продолжение таблицы 3.11

№ п/п	Аксессуары	TRE / HRE	TRZ / HRZ	Назначение
2	Фланец на выходе	+	+	Рамка прямоугольного сечения с равномерно расположенными отверстиями для болтов или шпилек, служащий для прочного и герметичного присоединения воздухопроводов к вентиляторам. Устанавливается на выходном патрубке вентилятора. Если необходимо исполнение вентилятора 03, 05, 07, то данный аксессуар заказывать не нужно.
3	Фланец на входе	+	-	Плоский диск с равномерно расположенными отверстиями для болтов и шпилек, служащий для прочного и герметичного соединения воздухопроводов к вентиляторам. Устанавливается на входном отверстии вентилятора.
4	Гибкая вставка на выходе	+	+	Гибкие вставки на входе и выходе изготовлены из оцинкованной стали, в середине закреплён прорезиненный материал. Предназначены для поглощения механических колебаний вентиляторов, чтобы предотвратить распространение вибрационного шума от работающего оборудования по воздухопроводам. Крепятся к фланцам вентиляторов с помощью болтов.
5	Гибкая вставка на входе	+	-	
6	Основная рама	+	-	Корпус, рабочее колесо и двигатель вентилятора устанавливается на несущую раму. Аксессуар не используется для вентиляторов 03 исполнения и в случае заказа ножек.
7	Основание с салазками	-	+	Корпус, рабочее колесо и двигатель вентилятора устанавливаются на несущее основание. Подвижные салазки служат для регулирования натяжения клиноременной передачи. Аксессуар не используется для вентиляторов 03 исполнения и в случае заказа ножек.

№ п/п	Аксессуары	TRE / HRE	TRZ / HRZ	Назначение
8	Усиленное основание с салазками	+	+	Для вентиляторов больших типоразмеров используется усиленная рама. На неё устанавливается корпус, рабочее колесо и двигатель вентилятора. Подвижные салазки служат для регулирования натяжения клиноременной передачи. Аксессуар не используется для вентиляторов 03 исполнения и в случае заказа ножек.
9	Двигатель на прямоугольной раме	+	-	Прямоугольная рама с креплениями для двигателя. Если необходимо исполнение вентилятора 03, 05, 07, то данный аксессуар заказывать не нужно.
10	Сетка на клиноременной передаче	+	+	Металлическая сетка для защиты шкивов и ремня.
11	Сетка на входе воздуха	+	+	Металлическая сетка круглого сечения предназначена для защиты рабочего колеса от наружных воздействий: крупных насекомых, листьев и т.д..
12	Дверь обслуживания	+	+	Предназначена для сервисного обслуживания вентилятора.
3	Дренаж	+	+	Предназначен для отвода конденсата.

14. Угол поворота вентилятора.

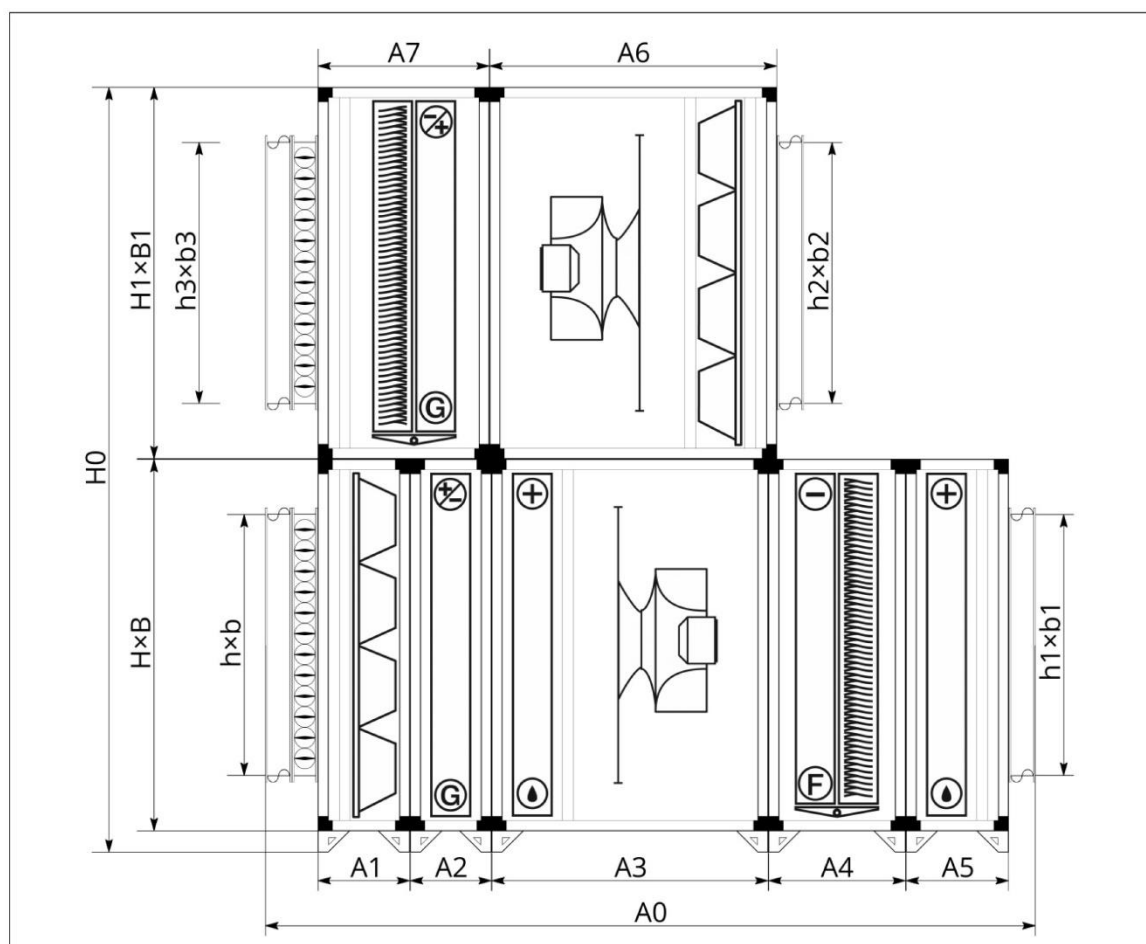
Угол поворота вентилятора определяется со стороны расположения двигателя.



RD – вращение рабочего колеса по часовой стрелке (правое исполнение).

LG – вращение рабочего колеса против часовой стрелке (левое исполнение).

На рисунке 3.9 представлена схема центрального каркасно-панельного кондиционера с рекуператором ПВ-1 v-1.



A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B	B1	H
430	380	1290	640	480	1340	800	1700	1700	1735
H1	b	b1	b2	b3	h	h1	h2	h3	A0
1735	1400	1400	1400	1400	1220	1220	1220	1220	3590

Рис. 3.9. центральный каркасно-панельный кондиционер с рекуператором ПВ-1 v-1
 Технические характеристики установки ПВ-1 v-1 представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12

Технические характеристики установки

Режим	Зимний	Летний
ПРИТОК		
Гибкая вставка	G1	

Продолжение таблицы 3.12.

Режим	Зимний	Летний
ПРИТОК		
ширина, высота, шина, мм; вес, кг	1400x1220x30 8 кг	
Клапан воздушный	V.1	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	
Скорость воздуха, м/с	3.6	3.6
Падение давления, Па	10.4	10.4
Вес, кг	54	
Карманный фильтр	EU4	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	
Сопrotивление, Па	145	
Количество вставок, шт.	4	
Вес, кг	68	
Теплоутилизатор гликолевый	RG1.4	
Подсоединение по воде	3"	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	22 000
Температура на входе, °C	- 27	
Температура на выходе, °C	-7.3	
Мощность max, кВт	145	
Скорость воздуха, м/с	2.8	
Падение давления	85.5	85.5
Тип теплоносителя	Этилен гликоль	
Процент гликоля	40	
Температура прямой, °C	6.1	
Температура обратной, °C	1	
Расход теплоносителя, м ³ /ч	28.13	
Гидравлическое сопротивление, кПа	42.60	
Вес, кг	216	
Нагреватель водяной	HW.2.1	
Подсоединение по воде	2"	

Продолжение таблицы 3.12.

Режим	Зимний	Летний
ПРИТОК		
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	22 000
Температура на входе, °С	- 7.3	
Температура на выходе, °С	24.6	
Мощность max, кВт	293.6	
Скорость воздуха, м/с	3.2	
Падение давления	57.8	57.8
Тип теплоносителя	Вода	
Температура прямой, °С	95	
Температура обратной, °С	70	
Расход воды, м ³ /ч	10.38	
Гидравлическое сопротивление, кПа	4.33	
Вес, кг	153	
Вентилятор	FEC4.E45A	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	22 000
Свободный напор, Па	750	750
Падение давления в уст., Па	403	403
Требуемое давление, Па	1153	1153
Кол-во вентиляторов, шт	4	
Скорость вращения, об/мин	2139	2139
Питание	3ф / 50 Гц / 380	
Потребл. мощность, кВт	11.2	11.2
КПД секции, %	65	65
Уровень звуковой мощности, полный: L _w на нагнетание = 99.2 dB L _w на всасывание = 91.6 dB L _w к окружению = 76.2 dB	Уровень звуковой мощности, взвешенный: L _{wA} на нагнетание = 97.1 dB(A) L _{wA} на всасывание = 83.9 dB(A) L _{wA} к окружению = 69.3 dB(A)	
Вес, кг	388	
Охладитель фреоновый	CF.3	

Продолжение таблицы 3.12.

Режим	Зимний	Летний
ПРИТОК		
Подсоед. по фреону, вход	2 x 1 3/8"	
Подсоед. по фреону, выход	2 x 2 1/8"	
Кол-во ступеней охлаж, шт	2	
Марка фреона	R410A	
Температура кипения, °С		7
Температура перегрева, °С		6
Температура конденсац, °С		50
Температура переохлаж, °С		5
Расход воздуха, м3/ч	22 000	22 000
Температура на входе, °С		28
Температура на выходе, °С		19.2
Мощность max, кВт		116
Мощность явная, кВт		66
Скорость воздуха, м/с		2.8
Падение давления, Па	80.7	80.7
Вес, кг	267	
Нагреватель водяной	HW.1	
Подсоединение по воде	2"	
Расход воздуха, м3/ч	22 000	22 000
Температура на входе, °С		10
Температура на выходе, °С		24.6
Мощность max, кВт		138
Скорость воздуха, м/с		2.8
Падение давления	23	23
Тип теплоносителя		Вода
Температура прямой, °С		95
Температура обратной, °С		70
Расход воды, м3/ч		4.89
Гидравлическое сопротивление, кПа		2.89

Продолжение таблицы 3.12.

Режим	Зимний	Летний
ПРИТОК		
Вес, кг	140	
Гибкая вставка	G.1	
ширина, высота, шина, мм;	1400x1220x30	
вес, кг	8 кг	
ВЫТЯЖКА		
Гибкая вставка	G1	
ширина, высота, шина, мм;	1400x1220x30	
вес, кг	8 кг	
Карманный фильтр	EU4	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	
Сопротивление, Па	145	
Количество вставок, шт.	4	
Вес, кг	68	
Вентилятор	FEC4.E45A	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	22 000
Свободный напор, Па	750	750
Падение давления в уст., Па	304	241
Требуемое давление, Па	1054	991
Кол-во вентиляторов, шт	4	
Скорость вращения, об/мин	2064	2015
Питание	3ф / 50 Гц / 380	
Потребл. мощность, кВт	10.1	9.5
КПД секции, %	66	66
Уровень звуковой мощности, полный: L _w на нагнетание = 97.7 dB L _w на всасывание = 89.2 dB L _w к окружению = 74.3 dB	Уровень звуковой мощности, взвешенный: L _{wA} на нагнетание = 95.9 dB(A) L _{wA} на всасывание = 82.5 dB(A) L _{wA} к окружению = 68.0 dB(A)	
Вес, кг	388	
Теплоутилизатор гликолевый	RG0.4	

Продолжение таблицы 3.12.

Режим	Зимний	Летний
ВЫТЯЖКА		
Подсоединение по воде	3"	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	22 000
Температура на входе, °С	28	
Температура на выходе, °С	15.6	
Мощность max, кВт	145	
Скорость воздуха, м/с	2.8	
Падение давления	148.7	85.5
Тип теплоносителя	Этилен гликоль	
Процент гликоля	40	
Температура прямой, °С	1	
Температура обратной, °С	6.1	
Расход теплоносителя, м ³ /ч	28.13	
Гидравлическое сопротивление, кПа	42.60	
Вес, кг	216	
Клапан воздушный	V.1	
Расход воздуха, м ³ /ч	22 000	
Скорость воздуха, м/с	3.6	3.6
Падение давления, Па	10.4	10.4
Вес, кг	54	
Гибкая вставка	G1	
ширина, высота, шина, мм;	1400x1220x30	
вес, кг	8 кг	

При сравнении данных кондиционеров можно заметить существенные различия в их габаритах и возможностях. Безусловно, главными преимуществами центрального каркасно-панельного кондиционера П-1 v-1 являются простота конструкции и габаритные размеры. Однако, центральный каркасно-панельный кондиционер с ПВ-1 v-1 имеет огромный плюс: использование теплоты удаляемого воздуха на нагревание свежего путем

гликолевого утилизатора. Это позволяет полезно использовать теплоту уходящего влажного воздуха и, как следствие, обеспечивает энергосбережение в системе кондиционирования, снижая при этом затраты на электроэнергию.

Так как была поставлена задача подобрать энергосберегающее оборудование, а также цена и габариты кондиционера ПВ-1 v-1 подходят для данного объекта, выберем центральный каркасно-панельного кондиционер с рекуператором ПВ-1 v-1 для данного бассейна.

Для работы выбранной установки ПВ-1 v-1 необходимо подключить котел к нагревателю (рис. 3.10), а также компрессорно-конденсаторный блок к охладителю (рис 3.11).

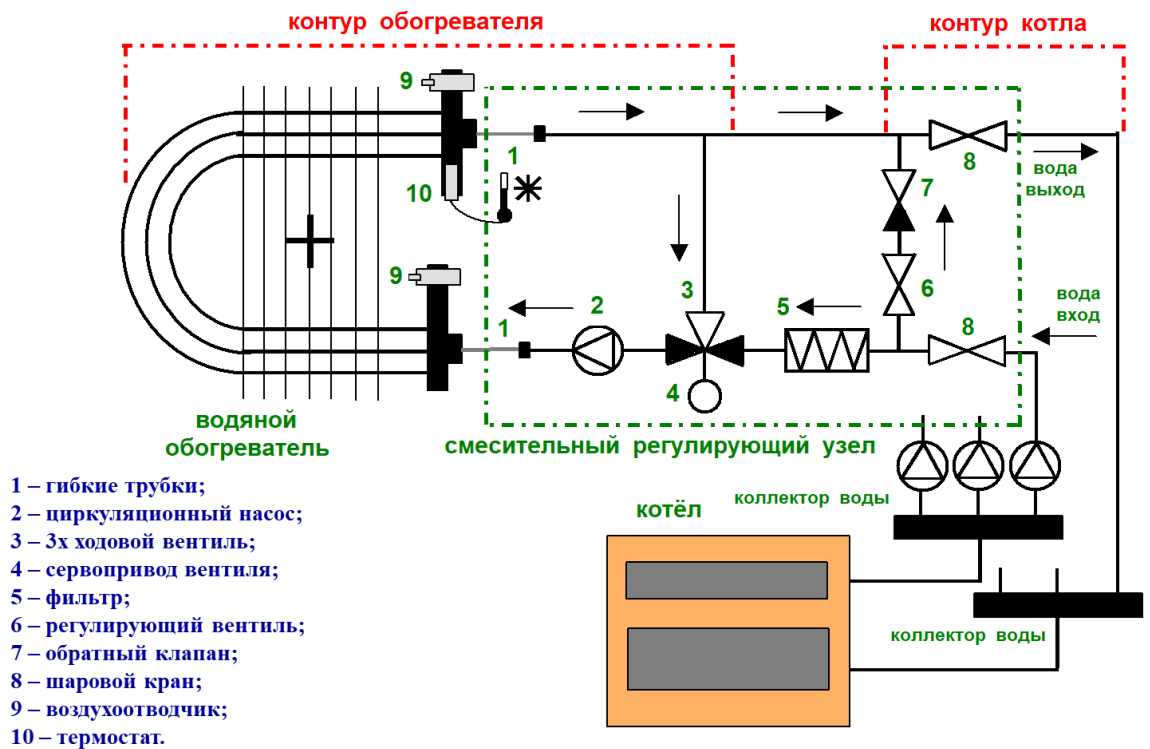


Рисунок 3.10. схема подключения котла к обогревателю воздуха

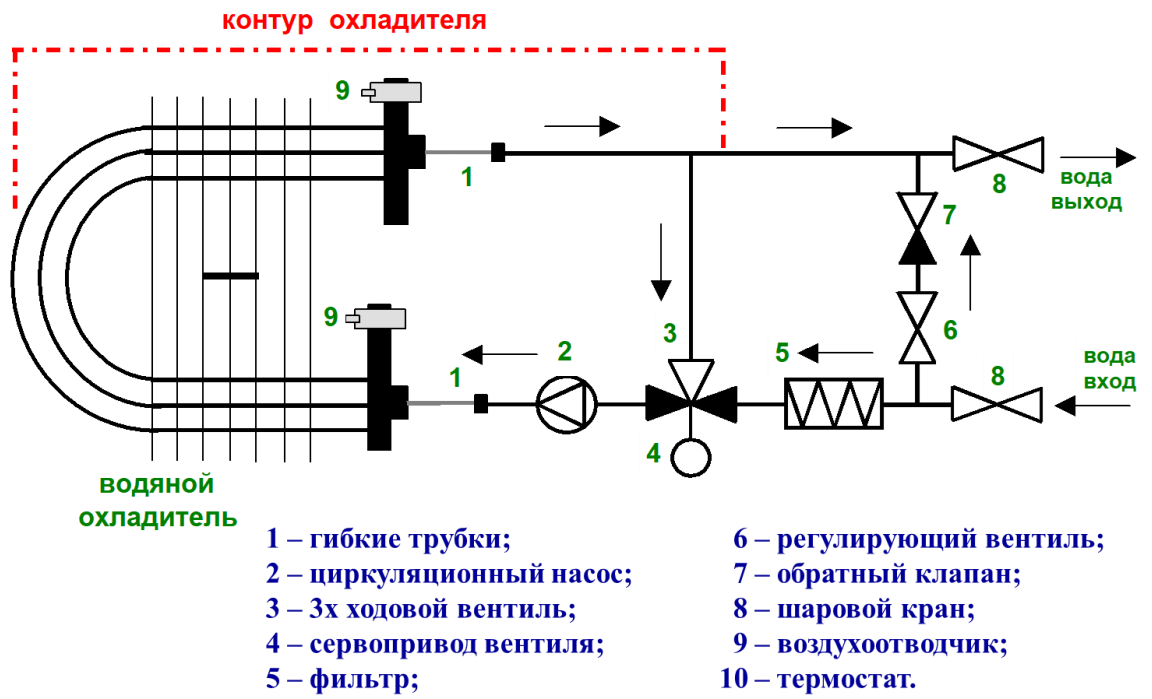


Рис 3.11. Схема подключения компрессорно-конденсационного блока к охладителю воздуха

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В данной выпускной квалификационной работе были показаны особенности проектирования помещения с повышенной влажностью, расположенного в городе Липецк.

2. Рассчитан воздухообмен для теплого и холодного периода года. Необходимый расход воздуха в приточно-вытяжной системе бассейна составляет 22000 м³/ч, напоры на приток и вытяжку равны соответственно.

3. Подобраны 2 системы, проведено сравнение оборудования для каждой из систем и выбран оптимальный вариант

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Краснов Ю.С.** Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий. Техносфера. ГК Термокул. Москва. 2006
2. **Кокорин О.Я.** Отечественное оборудование для систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва: МГСУ, 2005
3. **Порецкий В.В., Березович И.С., Стомахина Г.И.** Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха: Жилые здания со встроенно-пристроенными помещениями общественного назначения и стоянками автомобилей. Справочное пособие. Москва: Пантори 2003
4. **Свод правил СП 60.133330.2016.** Отопление вентиляция и кондиционирование воздуха. Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018
5. **Свод правил СП 131.133330.2018.** Строительная климатология. Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2019
6. **ГОСТ 30494-2011** Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2013
7. **Свод правил СП 50.133330.2012** Тепловая защита зданий. Москва: Минрегион России, 2019

Исходные данные

Название	Значение
Район строительства	Город Липецк
Температура наружного воздуха в теплый период	$t_n = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Энтальпия наружного воздуха в теплый период	$h_n = 54.8 \text{ кДж/кг}$
Влажность наружного воздуха в теплый период	$d_n = 10.72 \text{ г/кг}$
Температура наружного воздуха в холодный период	$t_n = -27 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Энтальпия наружного воздуха в холодный период	$h_n = -26.5 \text{ кДж/кг}$
Влажность наружного воздуха в холодный период	$d_n = 0.2 \text{ г/кг}$
Геометрические размеры зеркала воды	11x25 м
Площадь зеркала воды	$F_v = 275 \text{ м}^2$
Площадь обходных дорожек	$F_{од} = 175 \text{ м}^2$
Геометрические размеры помещения бассейна	15 x30 м
Площадь помещения бассейна	$F_{пл} = 450 \text{ м}^2$
Высота потолка помещения бассейна	$H_n = 6 \text{ м}$
Количество пловцов	$N = 48$
Температура воды	$t_w = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура воздуха рабочей зоны	$t_v = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Температура удаляемого воздуха их верхней зоны помещения	$t_y = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Относительная влажность воздуха в бассейне в теплый период	$\varphi = 60 \%$
Относительная влажность воздуха в бассейне в холодный период	$\varphi = 50 \%$

Особенности проектирования и методы их решения

Особенности проектирования зданий с повышенной влажностью	Задачи для поддержания безопасных комфортных условий
Сооружения с высокой влажностью и присутствием агрессивных химикатов (хлор в воде...)	Защита строительной конструкции и обеспечение адекватной влажности в помещении
Большие габариты помещений, большое количество посетителей	Выбор воздухораспределителей с большой дальностью и расходом воздуха
Часть наружных стен имеет большое остекление – проблема конденсации и тепловых мостов	Выбор элементов вентиляции и отопления, которые обеспечивают достаточную кратность воздухообмена и предотвращают конденсацию
Обеспечение комфортных условий пребывания, постоянной температуры внутреннего воздуха и высокой степени гигиеничности	Обеспечение высокого качества воздуха в помещении (и в случае термальных бассейнов) с помощью бассейновых центральных кондиционеров
Занятость объекта резко меняется – большое количество посетителей или пустой объект	Предусмотреть центральную систему диспетчеризации и выбрать оптимальный в энергетическом смысле режим работы в зависимости от занятости объекта

Исходные данные	Лист 11	Листов 6
МЭИ Кафедра ТМТУ	гр. ФП-05-05	

Основные формулы

Поступления теплоты от солнечной радиации $Q_{ср} = (q_{ср} + q) \cdot F_{ок}$

Поступления теплоты от пловцов $Q_{пл} = q_я \cdot N \cdot (1 - 0.33)$

Поступления теплоты от обходных дорожек $Q_{я.од} = \alpha_{од} \cdot F_{од} \cdot (t_{од} - t_в)$

Потери теплоты на нагрев зеркала воды $Q_в = \alpha \cdot F_в \cdot (t_в - t_{пов})$

Избытки явной теплоты днем $Q_я = Q_{ср} + Q_{пл} + Q_{я.од} - Q_в$

Влаговыделения от пловцов $W_{пл} = q \cdot N \cdot (1 - 0.33)$

Поступление влаги с поверхности бассейна $W_б = \frac{A \cdot F_в \cdot \sigma_{ис} \cdot (d_в - d_в)}{1000}$

Поступления влаги с обходных дорожек $W_{од} = 6.1 \cdot (t_в - t_{мт}) \cdot F_{см}$

Суммарное поступление влаги $W = \frac{W_{пл}}{1000} + W_б + \frac{W_{од}}{1000}$

Скрытая теплота от поверхности бассейна $Q_{скр.б} = W_б \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot t_{пов})$

Скрытая теплота от обходных дорожек $Q_{скр.од} = 0.001 \cdot W_{од} \cdot (2501.3 - 2.39 \cdot t_{од})$

Скрытая теплота от пловцов $Q_{скр.пл} = N \cdot (q - q_я) \cdot 3.6$

Полная теплота $Q_п = Q_{скр.б} + Q_{скр.од} + Q_{скр.пл} + 3.6 \cdot Q_я$

Воздухообмен, рассчитанный по влаговыделениям $G_w = \frac{W \cdot 1000}{d_в - d_п}$

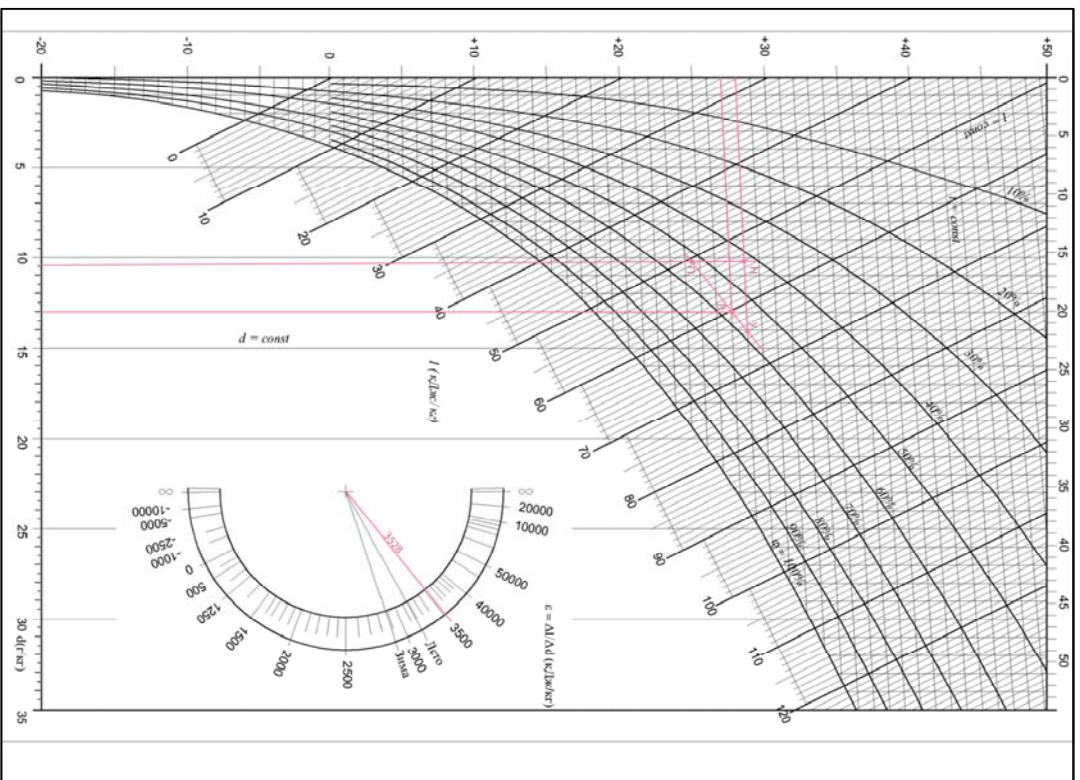
Воздухообмен, рассчитанный по полной теплоте $G = \frac{Q_п}{h_в - h_п}$

Нормативный воздухообмен $L_н = N \cdot 80$

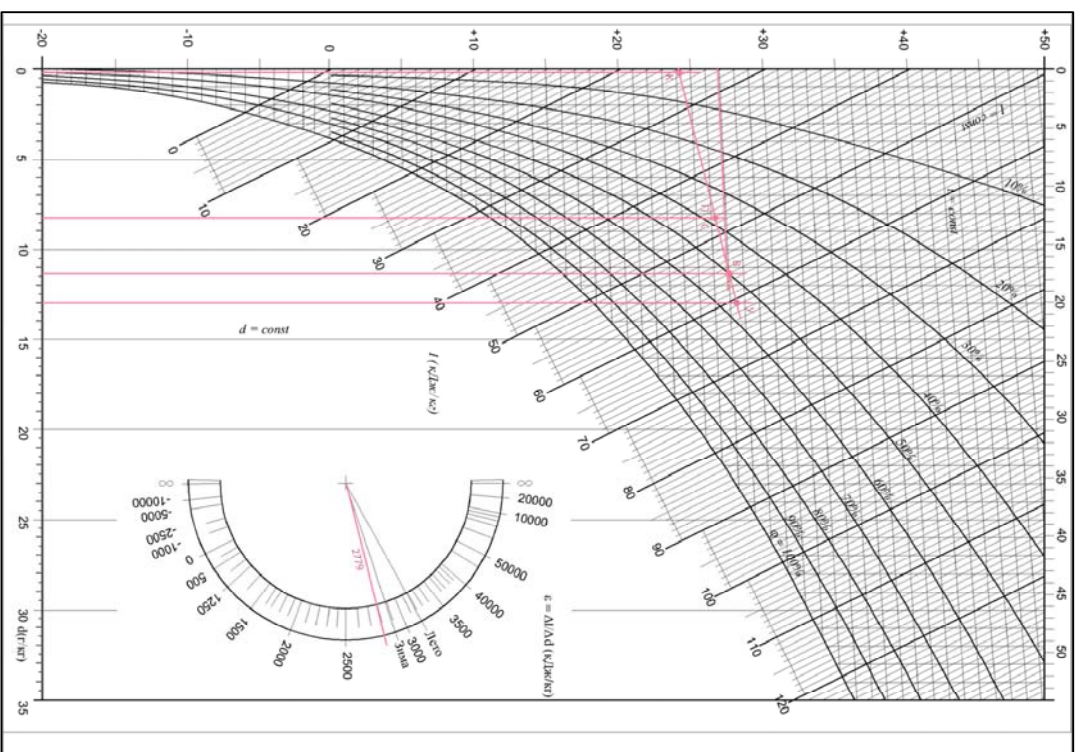
Поступление теплоты от освещения в холодный период года $Q_{осв} = F_{пл} \cdot E \cdot q_{осв} \cdot \eta_{осв}$

Избытки явной теплоты в холодный период года $Q_я = Q_{осв} + Q_{пл} + Q_{я.од} - Q_в$

Имя	Фамилия	Группа	Дата	Лист	Меню	<p style="text-align: center;">Основные формулы</p> <p style="text-align: center;">Лист 21 Листов 6</p> <p style="text-align: center;">МЭИ Кафедра ТМТУ гр. ФП-05-05</p>
Резерв	Оценки	Задачи				
Лекция	Лаборатория					
Эксперимент						
Итоги						



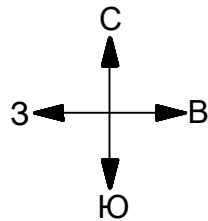
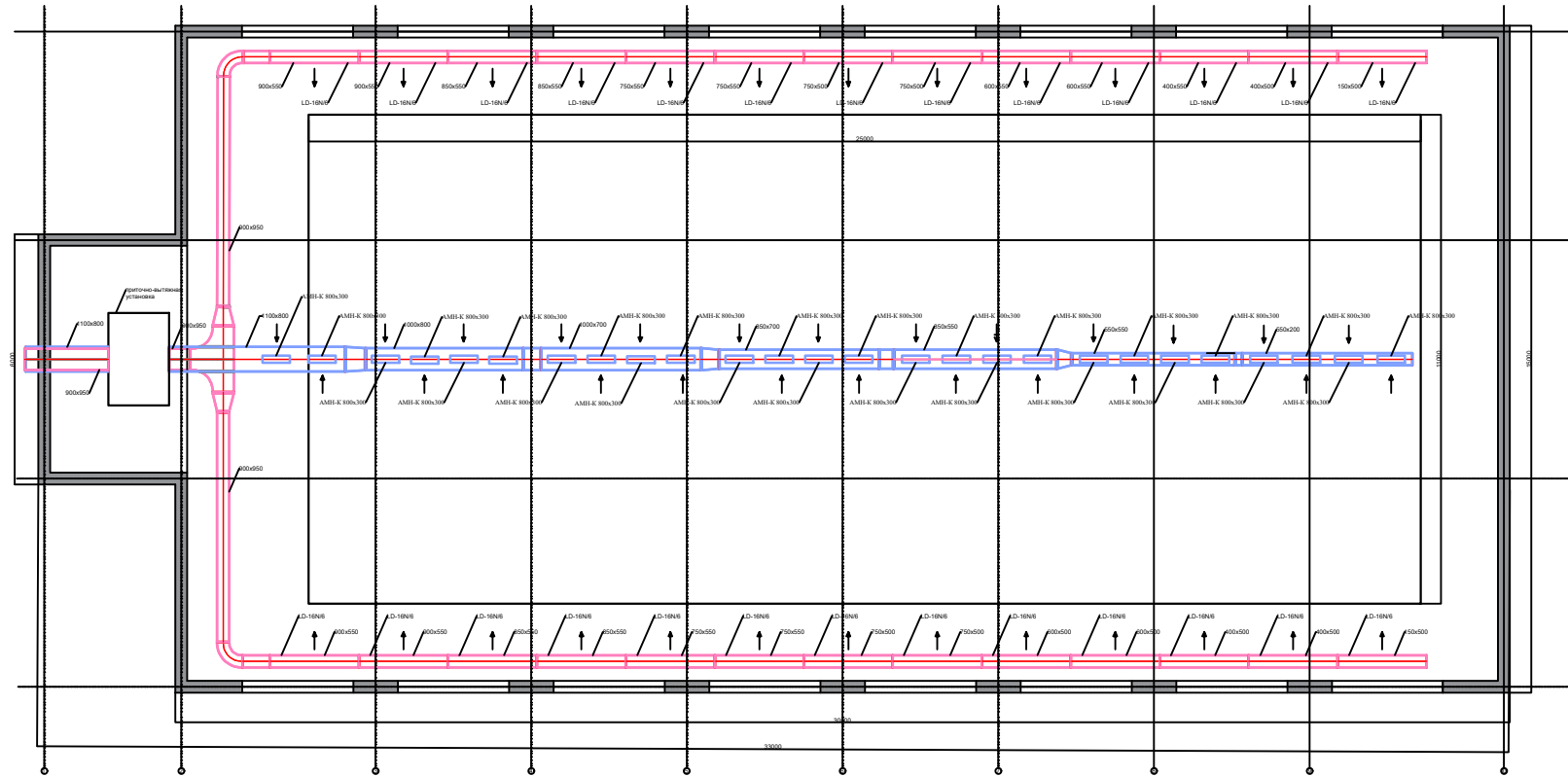
Процесс вентиляции бассейна в теплый период года



Процесс вентиляции бассейна в холодный период года

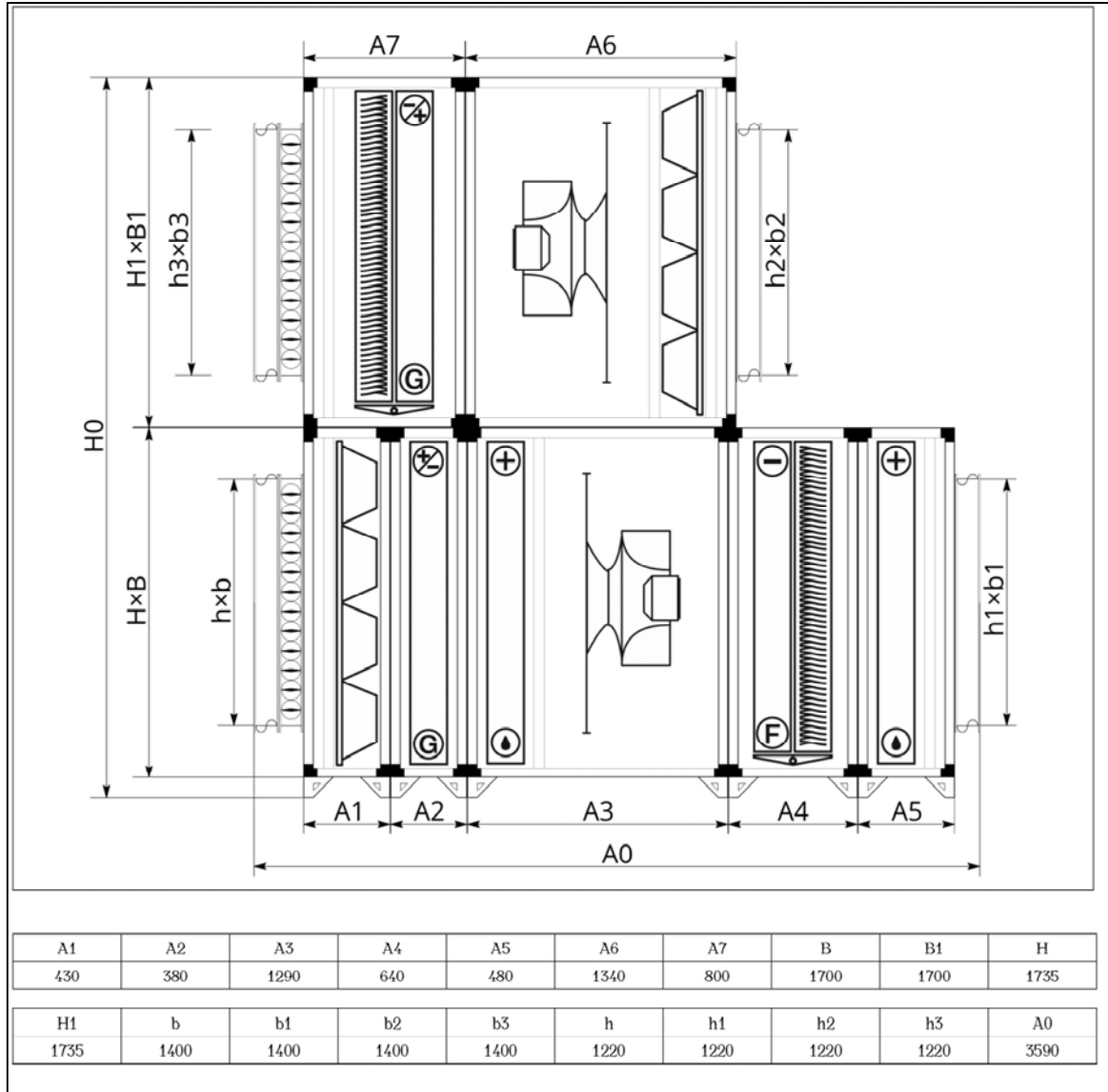
Имя	Код	Имя	Код	Имя	Код	Имя	Код
Результат	Содержимое	Лист 1	Лист 2	Лист 3	Лист 4	Лист 5	Лист 6
И.И. Лапаринский, профессор, вентиляция зданий и холодильных установок							ФЛ-08-16

Разводка вентиляционной системы в плане бассейна



Имя	Роль	Лист	№	Пом.	Дата
Разраб.	Сотрудн.				
Проект.	Методич.				
Бассейн					
Схема вентсистем					
Страна	Лист	Листов			

Приточно-вытяжная система



Расход воздуха 22000 м³/ч

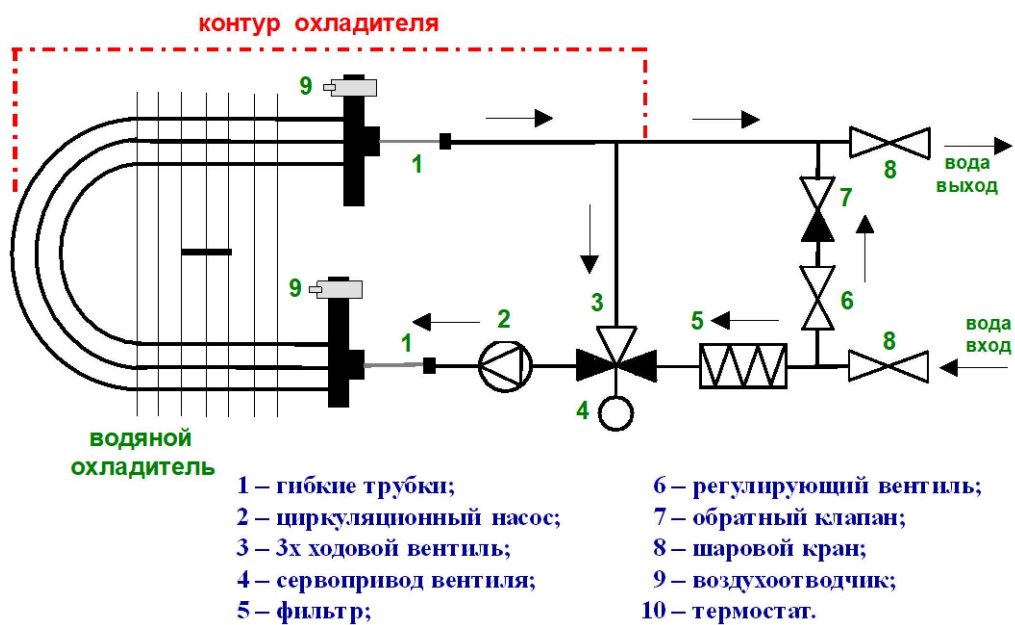
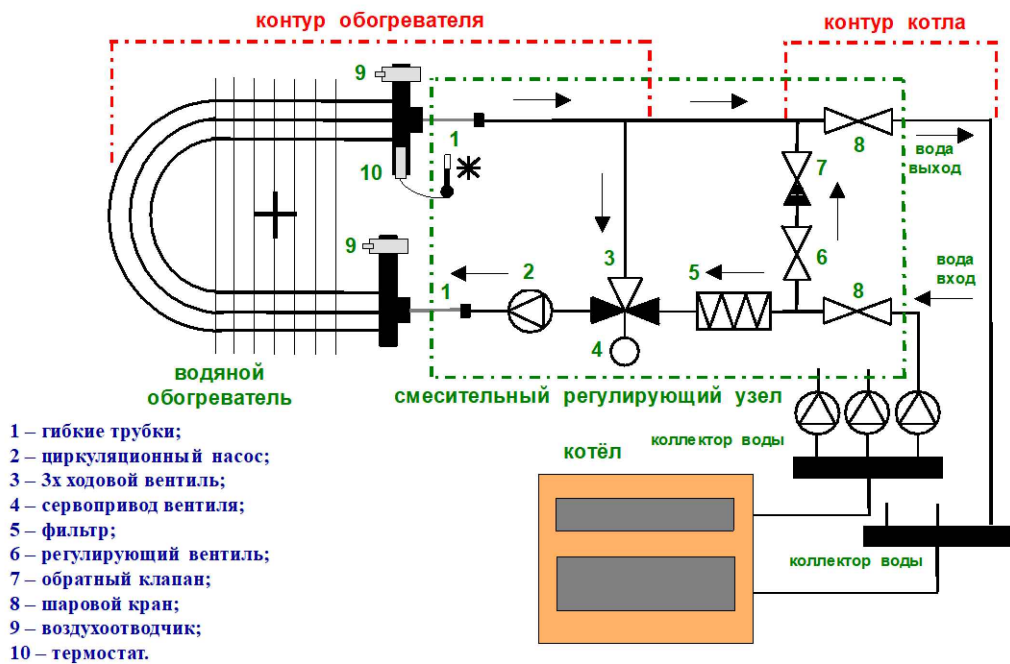
Напор 580 Па

Воздух в холодный период года t = -27 °C

Воздух в теплый период года t = 28 °C

Исполн.	И. Соколов	Лист	5	Листов	8	Приточно-вытяжная система	Лит.	Масса	Мешем
Разработ.	Семин	Лист	5	Листов	8		Лит.	Масса	Мешем
Проб.	Деплева						Лист 5 Листов 8		
И. номер							ИЗИ Кафедра ТМПУ		
Учб.							гр. ФП-05-05		

Схемы подключения нагревателя и охладителя приточного воздуха



Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель	Исполнитель
Проверено	Проверено	Проверено	Проверено	Проверено	Проверено	Проверено	Проверено	Проверено	Проверено
Составлено	Составлено	Составлено	Составлено	Составлено	Составлено	Составлено	Составлено	Составлено	Составлено
Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6	Лист 6
Схемы подключения									Лист 6
МЭИ Кафедра ТМТУ									Лист 6
г. ФП-05-05									Лист 6

ОТЗЫВ

руководителя на выпускную работу бакалавра

**«Разработка системы вентиляции в помещении плавательного бассейна,
расположенного в городе Липецк»,**

выполненную студенткой группы **ФП-08-16 Сохиной Н.М.**

Одной из задач, стоящих перед современным обществом, является создание комфортных условий в помещениях для жизнедеятельности человека. Особое внимание уделяется сооружениям с высокой влажностью, в которых присутствуют агрессивные химикаты, часть наружных стен имеет большое остекление, а занятость объекта резко меняется от большого количества посетителей до их отсутствия. В связи с этим особое внимание заслуживает грамотно спроектированная система вентиляции в бассейнах, которая должна защитить строительную конструкцию, обеспечив адекватную температуру и влажность в помещении.

В выпускной работе бакалавра Сохина Н.М. разработала систему вентиляции для бассейна, рассчитанного на 48 человек, расположенного в городе Липецк. Задачи, решённые в выпускной работе бакалавра Сохиной Н.М., могут быть решены для любых бассейнов.

Общий объем выпускной работы бакалавра составляет 60 страниц основного текста и 6 листов графического материала. В работе рассчитан воздухообмен, подобрано оборудование для системы вентиляции. Основной задачей работы была разработка системы для поддержания необходимого климата для помещения с повышенной влажностью. С поставленной задачей автор справился полностью.

Выпускная работа выполнена на хорошем уровне, расчётно-пояснительная записка и графический материал соответствует предъявляемым требованиям к квалификационным работам. Автор выпускной работы бакалавра работал активно и самостоятельно, выполнил расчёты, показал хорошие знания, полученные за время обучения. Наталия Михайловна Сохина заслуживает присвоения степени бакалавра по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Доцент кафедры ТМПУ, к.т.н.

Цепляева Е.В.

9.06.2020