

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Проект отопления и вентиляции производственного корпуса в городе Томске</b>

УДК: 621.577:621.564.2-047.37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4Б1	Муфтахутдинов Руслан Ринатович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	Разва А.С.	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова З.С.	к.ф.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Алексеев Н.А.	-		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ОПП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	Антонова А.М.	к.т.н. доцент		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 13.03.01  
«ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Универсальные компетенции</b>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
Р3	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
Р7	Применять базовые математические, естественнонаучные, социальноэкономические знания в профессиональной деятельности в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
Р8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач комплексного инженерного анализа с использованием базовых и специальных знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.

P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением базовых и специальных знаний и современных методов.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<b>Специальные профессиональные</b>	
P13	Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.
P14	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать

	затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.
P15	Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P16	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Антонова А.М.

(Подпись)

(Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б4Б1	Муфтахутдинову Руслану Ринатовичу

Тема работы:

**Проект отопления и вентиляции производственного корпуса в городе Томске**

Утверждена приказом ректора (дата, номер)

13.05.2019г. №3689/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования - производственный корпус, в котором происходит испытание стенда для регулировки и испытания бензинового двигателя. Проводится расчет отопления и вентиляции для производственного корпуса в городе Томске, в котором происходит испытания стенда регулировка бензинового двигателя</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет системы отопления помещения                      Рассматривается система отопления газовыми инфракрасными излучателями                      Расчет вентиляции</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ( ___ сл.)</p>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	к.ф.н., доцент ОСНГ ШБИП Завьялова Зинаида Сергеевна
<b>Социальная ответственность</b>	ассистент ОКД ИШНБК Алексеев Николай Архипович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ	Разва А.С.	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-5Б4Б1	Муфтахутдинов Руслан Ринатович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б4Б1	Муфтахутдинов Руслан Ринатович

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова	
Уровень образования	бакалавриат	Направление	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Должностной оклад инженера – 17000 руб., научного руководителя (НР) – 26300 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 30 %
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления в социальные фонды составляют 30 % от фонда оплаты труда (ФОТ)

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. Планирование НИ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	2. Смета затрат на НИ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	3. Определение практической значимости проекта

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Завьялова Зинаида Сергеевна	к.филос.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4Б1	Муфтахутдинов Руслан Ринатович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б4Б1	Муфтахутдинов Руслан Ринатович

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	Им. Бутакова
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Проект отопления и вентиляции производственного корпуса в городе Томске
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>- специальные правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>- СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.</p> <p>- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.</p> <p>- ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>- ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.</p> <p>- Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018);</p> <p>- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;</p> <p>- Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего (СанПиН 2.2.2.542 – 96).</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>- Вибрационное воздействие (источник: насосы, электродвигатели);</p> <p>- Повышенный уровень шума (источник: вентиляторы, двигатели);</p> <p>- Возможность поражения электрическим током (источники: электродвигатели, ЭВМ)</p>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>– Выбросы в атмосферу газообразных веществ (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>);</p> <p>– Бытовые сточные воды.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>– Возникновение пожароопасных ситуаций при эксплуатации систем отопления и вентиляции;</p> <p>– Прорыв (протечка) трубопровода системы отопления.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Алексеев Н. А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б4Б1	Муфтахутдинов Руслан Ринатович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 94 с., 10 рисунков, 24 источников, 26 таблицы.

Ключевые слова: газовое и водяное отопление, гидравлический и аэродинамический расчеты, расчет горения топлива.

Объектом исследования является производственный корпус, расположенный, в котором происходит испытание стенда для регулировки и испытания бензинового двигателя.

Цель работы – проект отопления и вентиляции для заданного производственного корпуса, для создания комфортных условий, пребывающих в нем людей.

В процессе исследования были рассмотрены варианты отопления цеха: водяное, и отопление газовыми инфракрасными излучателями.

Выпускная квалификационная работа выполнялась в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

## **Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	13
2 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ.....	13
3 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ГАЗОВЫМИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ .....	28
4 РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ .....	43
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	57
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	92
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	93

## ВВЕДЕНИЕ

Где бы человек не находился, ему необходимо чувствовать себя комфортно. При нахождение людей в производственных корпусах, это важно учитывать.

У человеческого организма есть важная способность – поддерживать тепловой баланс. Данный процесс называется терморегуляцией. Такой процесс способствует поддерживать температуру тела постоянной, равной 36,6 °С.

Если внутренняя температура в помещении начинает снижаться, то в помещении происходит повышение теплоотдачи. Терморегуляция позволяет снижать теплоотдачу.

К нарушению процесса терморегуляции может привести длительное нахождение человека в условиях пониженных или повышенных значениях температур. Это приведет либо к переохлаждению, либо к перегреву организма.

Под комфортными понимаются такие условия, при которых напряженность системы и неприятные условия отсутствуют.

Воздух является основным фактором жизнедеятельности человека. Также благодаря ему, из помещений выносятся пыль, тепло, влага, микроорганизмы, взамен вносятся необходимые компоненты.

Особую важность приобретает вопрос - вентиляция производственных помещений. Поэтому необходимо создавать максимально комфортные условия для создания высокопроизводительного труда.

При помощи системы вентиляции можно обеспечить удаление из помещения загрязненного воздуха, в замен которого подать чистый, а также нагревание, очистку, увлажнение и осушку приточного воздуха.

Необходимо произвести расчет системы отопления, с целью поддержания комфортных условий в помещении человека.

Систему отопления можно применять для продолжительной эксплуатации, при этом совмещать с другими системами деятельности человека. Следовательно, при процессе проектирования системы отопления решаются следующие задачи: создание экономических и надежных систем.

Решение этих проблем дает возможность расчета отопления и вентиляции.

# 1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

## 1.1 Параметры помещения

Производственный корпус размерами 26×16×5 м. расположен в г. Томске, у которого наружные стены выполнены железобетонных блоков, толщина  $\delta=600$  мм. Полы из бетона и не утеплены. Чердачное перекрытие состоит из следующих материалов: армоцементные, железобетонные сборные плит, сверху которых нанесена рулонная изоляция кровли толщиной  $\delta=50$  мм (выравнивающий слой, пароизоляция, водоизоляционный ковер, утеплитель, сборные волнистые плиты) и утеплителем – термизом, толщиной 90 мм.

## 2 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЯ

### 2.1 Тепловой баланс помещения

В помещениях, в которых присутствует постоянный тепловой режим, необходимо поддерживать температуру внутреннего воздуха, на протяжении отопительного периода. Нормативными документами устанавливаются величины температур наружного воздуха, которые можно поддерживать используя систему отопления. Для нахождения значения мощности системы отопления, необходимо составить тепловой баланс помещения, который складывается из теплопоступлений и расходов из помещения.

Для определения мощности отопительных установок, запишем следующее выражение:

$$Q_{от} = Q_{пот} - Q_{пост}, Вт \quad (1)$$

где  $Q_{пот}$  – величина теплопотерь помещения, Вт;

$Q_{пост}$  – величина теплопоступления в помещение, Вт.

Так как, теплопоступление в помещение от людей, технологического оборудования, искусственного освещения незначительное, то величину  $Q_{пост}$  не учитываем. Следовательно, в помещение расход теплоты определим как

$$Q_{от} = Q_{пот}, Вт \quad (2)$$

В помещение расход теплоты составляется из следующих величин:

$$Q_{nom} = Q_{огр} + Q_u, Вт \quad (3)$$

где  $Q_{огр}$  – величина теплопотерь через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_u$  – величина расхода теплоты на нагрев инфильтрирующегося воздуха, Вт.

## 2.2 Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции помещений

### 2.2.1 Определение основных теплопотерь производственного корпуса

Количество теплопотерь через ограждающие конструкции определяется, как сумма всех теплопотерь наружных и внутренних ограждений

При расчете тепловых потерь помещений, необходимо учесть как основные, так и добавочные потери [2].

$$Q_{огр} = \frac{F}{R_{огр}} \cdot (t_v - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, Вт \quad (4)$$

где

$F$  – значение наружной площади ограждения, м<sup>2</sup>;

$R_{огр}$  – значение приведенного термического сопротивления теплопередачи, м<sup>2</sup>·К/кВт;

$t_v$  – значение расчётной внутренней температуры воздуха помещения, 15°С;

$t_n$  – значение расчётной наружной температуры, -40°С [СНиП 23-01-99]

$n$  – коэффициент, который характеризует, как располагается ограждение,

$\beta$  – добавочные теплопотери;

$1 + \sum \beta$  – коэффициент добавочных тепловых потерь.

Прежде чем, определить значения расчетной площади поверхности, руководствуются правилами обмера. Величину площади двери и окна определяют по наибольшему строительному объему. Параметры пола и потолка измеряются соответственно между осями внутренними поверхностями наружной стены и внутренней.

### 2.2.2 Определение потерь тепла через полы расположенные на грунте

Бетонный пол со значением толщины  $\delta=0,2$  м, и коэффициентом теплопроводности  $\lambda=1,4$  (Вт/м·К).

Для проведения расчета потерь теплоты через пол, который расположен на лагах или на грунте, площадь разделяют на зоны, шириной 2 м. Откладываются они от наружных стен параллельно. Получают четыре зоны, которым соответствуют свои площади ( $F_1, F_2, F_3, F_4$ ). Зона I характеризуется площадью полосы, которая находится ближе всего к наружным стенам. Зона II, III, соответственно, следующие полосы. А оставшееся относится к IV зоне.

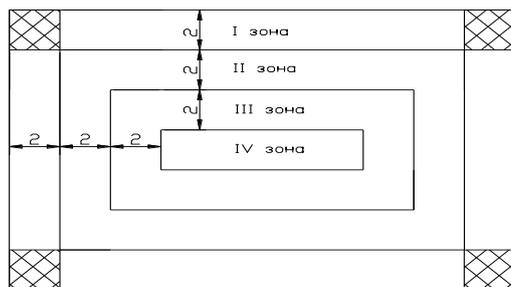


Рисунок 1 – Разбивка поверхности пола на зоны

Так как в первой зоне поверхность пола, примыкает к наружному углу, следовательно, наблюдается повышение теплотерь. В виду, этого, необходимо рассчитывать ее площадь, учитывая величину площади дважды.

Если полы располагаются ниже уровня земли, а также не утеплены, приведенные значения сопротивления теплопередачи для четырех зон имеют следующие значения:

I зона-  $2,1, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ,

II зона –  $4,3, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ,

III зона –  $8,6, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ,

IV зона –  $14,2, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ,

По следующей формуле, определим количество потерь тепла через полы

$$Q_{on} = \left( \frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \frac{F_4}{R_4} \right) \cdot (t_e - t_n) , \text{ кВт} \quad (5)$$

где  $R_{н.п.}$  – значение сопротивления теплопередачи пола, для каждой зоны пола,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ;

$F_1, F_2, F_3, F_4$  – значение площади каждой зоны, м<sup>2</sup>;

$t_{в}$  и  $t_{н}$  – величины наружной и внутренней температуры воздуха, °С.

$$Q_{on} = \left( \frac{128}{2,15} + \frac{96}{4,3} + \frac{64}{8,6} \right) \cdot (10 - (-40)) = 4465, Bm$$

### 2.2.3 Определение потерь тепла через стены

По формуле 6 определим расчётное значение сопротивления теплопередачи

$$R = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{н}}, \frac{m^2 \cdot K}{Bm} \quad (6)$$

где  $\alpha_{в}$  – значение коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкций, принимаем равным  $\alpha_{в} = 8,7$  Вт/м<sup>2</sup> °С, [11, табл.4];

$\alpha_{н}$  – значение коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаем равны  $\alpha_{н} = 23$  Вт/м<sup>2</sup> °С, [11, табл. 6];

$R_k$  – расчетное значение термического сопротивление ограждающих конструкций, м<sup>2</sup> °С/Вт.

### 2.2.4 Добавочные теплотери

Помимо величины разностей значений температур, по обеим сторонам конструкции, которая является одной из главных причин возникновения теплопритока наружу из помещения. На значение этого потока оказывают влияние следующие показатели:

Величина добавочных тепловых потери, которые учитываются в формуле 4 в виде комплекса  $1 + \sum \beta_i$ . Эти теплотери характеризуют добавки на ориентацию (по сторонам света), в зависимости от высоты помещения и на угловые помещения.

Если наружные стены помещения обращены на север, восток, то значение добавочных потерь принимается 0,1, для юга 0, для запада 0,05. На угловое помещение добавляется величина 0,05. Добавки на ветер принимаются для наклонных и вертикальных наружных стен, если средняя скорость ветра в местности составляет 5-10 м/с – 0,2.

Полученные значения приведем в таблицу 1.

Первоначально, необходимо начертить план здания, пронумеровать помещения. Введем следующие обозначения:

нс – наружная стена; пл – пол, пт – потолок, дв – дверь; с – север, ю – юг, з – запад, в – восток; вр-ворота.

Таблица 1-Расчет теплотерь наружных ограждений.

№ помещения	tв, оС	поверхность охлаждения		площадь F, м <sup>2</sup>	поправочный коэффициент, n	F·(tв - tн)·n, М·°К	сопротивление теплопередачи огра. конструкций, R	основные теплотопери Q, Вт	добавочные теплотопери		1+∑β	общая потеря тепла Q, Вт	суммарная потеря тепла Q, Вт
		обозначение	Ориентация						на ориентацию	Прочие			
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16
A	10	нс	В	50	1	2420	1,23	2977	0,1	—	1,05	3126	
A	10	нс	З	50	1	2420	1,23	2977	0,05	—	1,1	3275	
A	10	нс	С	94	1	4760	1,23	5855	0,1	—	1,1	6441	
A	10	нс	Ю	85	1	4310	1,23	5301		—	1	5301	
A	10	вр	Ю	7	1	420	4,65	1953		—	1	1953	
A	10	пт		290	1	10100	0,75	7878		—	1	7878	27974

Полные тепловые потери составили (с учетом потерь через пол)  $Q_{\text{пот}}=32439$  Вт.

Вследствие того, что оконные проемы отсутствуют, потребление на нагрев инфильтрующегося воздуха не считаем.

Расчет теплотерь закончен и значение нагрузки на отопление равняется:

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{ном}} = 32307 \text{ Вт}$$

## 2.3 Виды систем отопления и режим их работы

Рассмотрим классификацию систем отопления:

- по расположению основных элементов: центральные и местные.

Под местными системами понимается – система, в которой отопительный прибор, теплопроводы и генератор теплоты, объединяются в одно устройство, который устанавливается в обогреваемом помещении.

Если генератор теплоты находится не в отопительном помещении, а нагретый теплоноситель из генератора до отопительного прибора идет по теплопроводам, то такие системы называют центральными. Эти системы имеют большой диапазон действия. Применяя такие центральные системы можно все здание обеспечить теплом. Поэтому, в данной работе к помещению подводим центральное отопление.

- по виду теплоносителя центральные системы могут быть: водяными, газовыми, воздушными, паровыми.

- по способу циркуляции: естественная циркуляция (возникает за счет разности плотностей горячего и холодного теплоносителя) и механическая – искусственная (работает насос).

- по схеме присоединения отопительного прибора: однотрубная и двухтрубная.

Системы однотрубные применяются в помещениях, которые имеют 3 и более этажей, в виду своей экономичности.

А системы двухтрубные применяются, в основном, в зданиях с малой этажностью. Основным преимуществом двухтрубной системы является то, что появляется возможность регулировать теплоотдачу отопительного прибора независимо.

Так как помещение одноэтажное, проектируем систему отопления двухтрубную с нижней разводкой и движением воды тупиковым.

## 2.4 Основные элементы систем отопления

Под основными элементами системы отопления с водяным теплоносителем понимаются: трубопроводы, запорно-регулирующая арматура, приборы отопления.

Рассмотрим в качестве отопительных приборов – регистры. Их преимущество заключается в то, что они имеют сравнительно большое значение тепловой мощности, в отличие от других. Следовательно, принимаем для установки регистры из гладких труб  $D=0,1\text{м}$ ,  $l=3\text{м}$ . Располагаются равномерно вдоль наружных стен.

Использование запорно-регулирующей арматуры, необходимо, для регулирования величину расхода теплоносителя.

## 2.5 Определение поверхности нагревательных приборов

Главной задачей теплового расчета отопительного прибора является в расчете значения площади поверхности.

2.5.1 Определение полезного значения величины теплоотдачи труб стояков.

$$Q_{\text{тр}}=q_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}+ q_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}}, \text{Вт} \quad (7)$$

где  $l_{\text{в}}$ ,  $l_{\text{г}}$  – величины длин горизонтальных и вертикальных трубопроводов стояка и подводок, м;

$q_{\text{в}}$ ,  $q_{\text{г}}$  – величины удельной теплоотдачи с 1 м. горизонтальных и вертикальных трубопроводов, Вт/м (принимается по [8, стр.162]).

$$Q_{\text{тр}}=128 \cdot 4+151 \cdot 72=11368, \text{Вт}$$

2.5.2 Определим величину необходимой теплоотдачи от прибора

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{теплопот}} - \beta_{\text{тр}} \cdot Q_{\text{тр}}, \text{Вт} \quad (8)$$

где  $Q_{\text{теплопот}}$  – расчётные значения теплопотерь в помещении, Вт;

$\beta_{\text{тр}}=0,9$  – поправочный коэффициент, который учитывает величину теплоотдачи теплопровода, так как трубы располагаются открыто, принимаем величину коэффициента 0,9.

$$Q_{\text{пр}} = 32307 - 0,9 \cdot 11368=22076, \text{Вт}=79474, \text{кДж/ч}$$

### 2.5.3 Величина среднее температуры воды в отопительном приборе

$$t_{cp} = \frac{t_n + t_o}{2}, ^\circ C \quad (9)$$

$$t_{cp} = \frac{150 + 70}{2} = 110, ^\circ C .$$

### 2.5.4 Величина среднего температурного напора в отопительных приборах

$$\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_g, ^\circ C \quad (10)$$

$$\Delta t_{cp} = 110 - 10 = 100, ^\circ C .$$

### 2.5.5 Величина плотности теплового потока

$$q_s = k_{np} \cdot \Delta t_{cp} \quad (11)$$

где  $k_{np}$  - значение коэффициента теплопередачи прибора

$$q_s = 13,4 \cdot 100 = 1340, \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч}$$

### 2.5.6 Нахождение величины наружной площади отопительного прибора,

$$F_{np} = \frac{Q_{np}}{q_{np}}, \text{ м}^2 \quad (12)$$

$$F_{np} = \frac{79474}{1340} = 59, \text{ м}^2$$

### 2.5.7 Величина длины регистров

$$l = \frac{F_{np}}{\pi \cdot d}, \text{ м} \quad (13)$$

где  $d$  – величина диаметра трубы регистра, м

$$l = \frac{59}{3,14 \cdot 0,1} = 188, \text{ м}$$

2.5.8 Располагаются трубы в регистре в 4ре ряда. Так как длина одного регистра три метра, а диаметр 100 мм, принимает регистры в количестве 16шт. Проведем расчете потерь тепла в помещении, и полученные величины занесем в таблицу 2.

Таблица 2-Расчет величин теплопотерь помещения

№ помещения	tв, оС	поверхность охлаждения		площадь F, м <sup>2</sup>	поправочный коэффициент, n	F·(tв - tн)·n, м·°С	сопротивление теплопередачи огра. конструкций, R	основные теплопотери Q, Вт	добавочные теплопотери		1+∑β	общая потеря тепла Q, Вт	суммарная потеря тепла Q, Вт
		Обозначение	Ориентация						на ориентацию	прочие			
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12	13	14	15	16
A	10	нс	в	24	1	1240	1,23	1525	0,1	—	1,1	1678	
A	10	нс	з	24	1	1240	1,23	1525	0,05	—	1,1	1678	
A	10	нс	с	48	1	2380	1,23	2927	0,1	—	1,1	3220	
A	10	нс	ю	42	1	2160	1,23	2657		—	1	2657	
A	10	вр	ю	6	1	320	4,65	1488		—	1	1488	
A	10	пт		288	1	10060	0,75	7545		—	1	7545	18265,4

Величина полных тепловых потерь составляет (с учетом потерь через пол)  $Q_{\text{пот}}=22730$  Вт.

Значение нагрузки на систему отопления

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{ном}} = 22730 \text{ Вт}$$

2.5.9 Определение полезного значения величины теплоотдачи труб стояков.

$$Q_{mp} = 128 \cdot 2 + 151 \cdot 72 = 11128, \text{ Вт}$$

2.5.10 Величина теплоотдачи приборов

$$Q_{np} = 22424 - 0,9 \cdot 11128 = 12409, \text{ Вт}$$

2.5.11 Средняя температура воды

$$t_{cp} = 110, ^\circ\text{C}.$$

2.5.12 Величина плотности теплового потока

$$q_s = 13,4 \cdot 100 = 1340, \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч}$$

2.5.13 Расчетная площадь отопительно прибора,

$$F_{np} = \frac{44672}{1340} = 33, \text{ м}^2$$

2.5.14 Длина трубы регистров

$$l = \frac{33}{3,14 \cdot 0,1} = 105, \text{ м}$$

2.5.15 Располагаются трубы в регистре в 4ре ряда. Так как длина одного регистра три метра, а диаметр 100 мм, принимает регистры в количестве 9шт.

2.6 Гидравлический расчет системы отопления помещения

В задачи гидравлического расчета входит:

- определить величину диаметра трубопровода;
- определить падение давления (напора);
- определить величину давления (напора) в различных точках сети.

Проводим данный расчет методом – удельные потери давления на трения.

Он заключается в следующем: отдельно находятся потери давления на трение и местные сопротивления для отдельных участков трубопровода.

Для начала необходимо начертить аксонометрическую схему расположения отопительных приборов. Затем выбрать главное циркуляционное кольцо. При тупиковом движении теплоносителя, за главное кольцо принимается наиболее удаленный отопительный прибор (стояк). Необходимо рассчитать диаметр участков

так, чтобы в итоге величина суммарных потерь давления была меньше величины  $\Delta P_p$ .

Разбиваем главное кольцо на участки. Под участком понимается часть трубы, в которой такие величины как температура теплоносителя, расход и давления не меняется.

Определим величину среднего значение удельной потери давления, по которой примем предварительное значение диаметров.

$$R_{cp} = \frac{(1-k) \cdot \Delta P_p}{\sum l}, \text{ Па/м} \quad (14)$$

где  $\sum l$  – значение общей длины главного циркуляционного кольца, м;

$\Delta P_p$  – величина располагаемого перепада давления в системе, Па;

$k$  – коэффициент, который учитывает долю местных потерь давления, принимаем равным  $k=0,35$  [9, табл. П.21]).

$$R_{cp} = \frac{0,65 \cdot 0,5 \cdot 10^5}{290} = 1128, \text{ Па/м.}$$

#### 2.6.5 Произведем расчет расхода воды на систему отопления

$$G = \frac{Q_{уч}}{c \cdot (t_n - t_o)}, \text{ кг/ч} \quad (15)$$

где  $Q_{уч}$  – величина расхода теплоты на участках теплопровода, Вт;

$$G = \frac{32307}{4190 \cdot (150 - 70)} = 360, \text{ кг/ч}$$

#### 2.6.6 Величина расход воды на один прибор в стояке

$$G_{np} = \frac{G}{n}, \text{ кг/ч} \quad (16)$$

где  $n$  – количество приборов на стояке, шт.

$$G_{np} = \frac{360}{9} = 40, \text{ кг/ч}$$

2.6.7 По значениям  $R_{cp}$  и  $G_{уч}=G_{np}$  подберем величины предварительных диаметров. [9, табл. П.2].

#### 2.6.8 Величина потерь давления на трение

$$R_z = l \cdot R_{\phi}, \text{ Па} \quad (17)$$

где  $l$  – длина участка теплопровода, м.

2.6.9 Далее определяем величины потерь в местных сопротивлениях.

Значения коэффициентов местных сопротивлений определяем по таблице П.11 [9].

2.6.10 По величинам суммарных местных потерь и известной скоростью теплоносителя, найдем величины местных сопротивлений

2.6.11 После чего по значениям величин  $R \cdot l$  и  $Z$ , определим общие потери для каждого участка отдельно

$$\Delta P_{\text{уч}} = R \cdot l + Z \quad (18)$$

2.6.12 В конечном итоге определим величину суммарных потери давлений на всех участках

Таблица 3-Результаты гидравлического расчета двухтрубно системы

№ участка	$G_{\text{уч}}$ , кг/ч	$l$ , м	$d$ , мм	$R_{\text{ф}}$ , Па/м	$W$ , м/с	$\sum \zeta$	$R \cdot l$ , Па	$Z$ , Па	$R \cdot l + Z$ , Па	$\sum P_{\text{уч}}$ , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	40	5	0,032	0,07	0,032	2,5	0,35	9	9,35	
2	80	3	0,032	0,07	0,032	1,5	0,21	6	6,21	
3	120	4,2	0,032	0,08	0,034	2,5	0,336	7	7,336	
4	1606	2,2	0,032	0,13	0,046	1,5	0,286	10	10,286	
5	200	2,2	0,032	0,2	0,057	1,5	0,44	10	10,44	
6	240	2,2	0,032	0,27	0,069	1,5	0,594	7	7,594	
7	280	4,2	0,032	0,34	0,079	2,5	1,428	8	9,428	
8	320	2,1	0,032	0,42	0,086	1,5	0,882	8	8,882	
9	360	2,1	0,032	0,57	0,097	2	1,197	5	6,197	
1'	40	4	0,032	0,59	0,032	2,5	2,36	9	11,36	
2'	80	3	0,032	0,58	0,032	1,5	1,74	6	7,74	
3'	120	4,2	0,032	0,08	0,034	2,5	0,336	9	9,336	
4'	1606	2,2	0,032	0,13	0,046	1,5	0,286	10	10,286	
5'	200	2,2	0,032	0,2	0,057	1,5	0,44	10	10,44	
6'	240	2,2	0,032	0,27	0,069	1,5	0,594	7	7,594	
7'	280	4,2	0,032	0,34	0,079	2,5	1,428	8	9,428	
8'	320	3	0,032	0,42	0,086	1,5	1,26	9	10,26	
9'	360	3	0,032	0,57	0,096	2	1,71	5	6,71	158,88

Величина суммарных потерь давления составляет  $\sum P_{\text{уч}} = 158,88$ , Па.

## 2.7 Тепловой пункт системы отопления

По тепловыми пунктами понимаются – узлы подключения потребителей тепловой энергии к тепловым сетям. В них осуществляется подготовка теплоносителя, регулировка его параметров, учет потребления количество тепла.

Нормальное функционирование и техника-экономические показатели системы теплоснабжения зависят от слаженной работы тепловых пунктов.

Тепловые пункты классифицируют на:

- индивидуальный тепловой пункт, используют в системах отопления данного здания
- групповые тепловые пункты, используют для систем отопления группы зданий.

В местных тепловых пунктах к основному оборудованию относятся: водоструйные элеваторы, центробежные насосы, грязевики, подогреватели, арматура, регулирующие и контролирующие приборы.

На рисунке 2 приводится схема местного теплового пункта с зависимым присоединением системы отопления.

Помимо манометров, термометров и задвижек, на подающем трубопроводе устанавливают грязевик. С помощью, которых появляется возможность улавливать в воде взвешенные частицы. Для поддержания расхода устанавливается регулирующий и обратный клапан. Грязевик, тепломер для нахождения затрат на ГВС, вентиляцию и отопления здания. Для поддержания значения давления «до себя» необходимо установить регулятор давления.

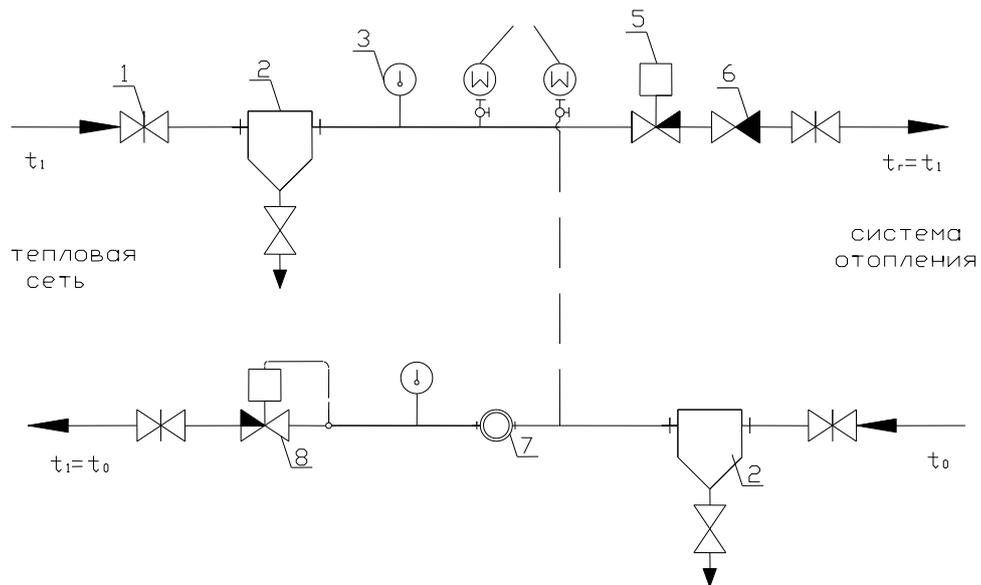


Рисунок 2 – Схема местного теплового пункта с зависимым присоединением системы отопления.

1 – задвижка, 2 – грязевики, 3 – термометр, 4 – манометры, 5 – регулирующий клапан, 6 – обратный клапан, 7 – тепломер, 8 – регулятор давления "до себя"

### **3 СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ ГАЗОВЫМИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ**

Рассмотрим систему обогрева газовым инфракрасным излучателем, относящуюся к системе с лучевым обогревом. За счет вторичного и прямого теплового излучения, идущих от оборудования поверхностей пола, они характеризуют формирования микроклимата.

Используются такого вида излучатели:

- отопление производственного помещения, склада, гаража, автостоянки.
- отопление общественного здания с краткосрочным нахождением людей, рынка, спортивного зала.
- обогрев отдельных участков в неотапливаемом помещении.

В подвальном помещении запрещается применение таких систем.

Обогрев системы газовым инфракрасным излучателем совместно с системой отопления, считаются одними из совершенными. Они позволяют экономить количество энергии на 25-75%.

Рассмотрим преимущества такого способа:

- в случае аварии система не разморозится;
- отсутствуют громоздкое оборудование, приводит к освобождению площади помещения;
- происходит уменьшение пыли, так как снижается концентрация воздуха;
- потребление тепла уменьшается, и сокращаются потери теплоты, это связано с тем, что тепло распределяется равномерно.
- отсутствие тепло потерь в трубах;
- величина температуры поверхности пола больше, чем значение температуры внутреннего воздуха;
- возможность регулировки микроклимата в отдельных зонах, так как помещения отапливаются частично;
- поддержание необходимой температуры в помещении; а в нерабочие часы величина температуры поддерживается на уровне минимума;

- нет необходимости в большом количестве специалистов для эксплуатации помещения.

Основными элементами таких систем являются – газовые инфракрасные излучатели. Данный излучатель включает в себя следующие элементы: излучающая поверхность с газогорелочным блоком, система управления и безопасности, теплоотражающий экран. Передача тепла происходит под действием нагревания излучающей поверхности продуктами сгорания газов.

Перед тем как начать размещать излучатели, их необходимо объединить в группы.

Необходимо газогорелочные блоки оборудовать средством автоматической защиты, с помощью которых обеспечивается отключение излучателя, при этом прекращается подача газа, если нарушается режим работы, или из строя вышел излучатель.

У систем обогрева и отопления необходим доступ для ремонта и технического обслуживания. Сжиженный или природный рекомендуется использовать в качестве топлива.

Рассмотрим классификацию газовых инфракрасных обогревателей:

- светлые с высокими значениями температур (Тиз выше 1000°C),
- светлые со средним значение температур (Тиз 1000-800°C),
- с низким значение температуры (Тиз 800-600°C),
- темные (Тиз 600-400°C),
- супер темные (Тиз 400-200°C).

Кратно их разделяют на темные (Тиз до 600°C) и светлые (Тиз >800°C) излучатели. Отличаются они тем что, на выходе открытое пламя. Если пламя присутствует, то системы светлые, если нет, то темные.

### 3.1 Светлые системы

Принцип действия: под давлением газ поступает в рабочую камеру горелки при помощи форсунки. Газы воздух смешиваются, что, в итоге, приводит к их сгоранию в излучателе на керамической пластине.

Для того, чтобы снизить теплопотери сверху излучателя устанавливают отражатель, выполненный из алюминия или жаропрочной стали. Светлые системы являются наиболее эффективными для снабжения теплом таких площадок, как стадионы, помещения с большим показателем высоты. Также ими отапливают самолеты и вагоны. К минусам таких систем относят: сжигание внутри помещения кислорода, а также пожароопасность. В виду этого, их не устанавливают в помещениях с высотой ниже 7м. Данный вид оборудования, на нашем рынке, появился один из первых. Это фирмы: GoGas, Fraccago и ОАО «Сибшванк». Для того чтобы излучатели работали, необходимо подводить электропитание и газ. В смесительную трубку поступает дозированная величина газа, где происходит смешение с воздухом в легко воспламеняемую смесь. Далее происходит ее равномерное распределение в смесительной камере, в которой происходит подогрев, и затем смесь поступает на керамическую плитку.

Керамическая плитка состоит из огромного количества небольших отверстий, где смесь газ-воздух горит. Плитка, в процесс горения, нагревается до 900<sup>0</sup>С. Для более интенсивной теплоотдачи процесс изготовления плитки происходит по специальной рецептуре. Это делают для того, чтобы при процессе «низкотемпературного горения», происходило снижение вредных выбросов продукта сгорания.

В процессе работы необходимо проводить контроль каждого излучателя датчиком контроля горения. Если газ отсутствует, то напряжение в сети срабатывает автоматически газовый электромагнитный клапан. Данные процессы необходимо производить под управлением микропроцессорного блока. Благодаря установки электромагнитного клапана-редуктора, давление газа поддерживается на заданном уровне.

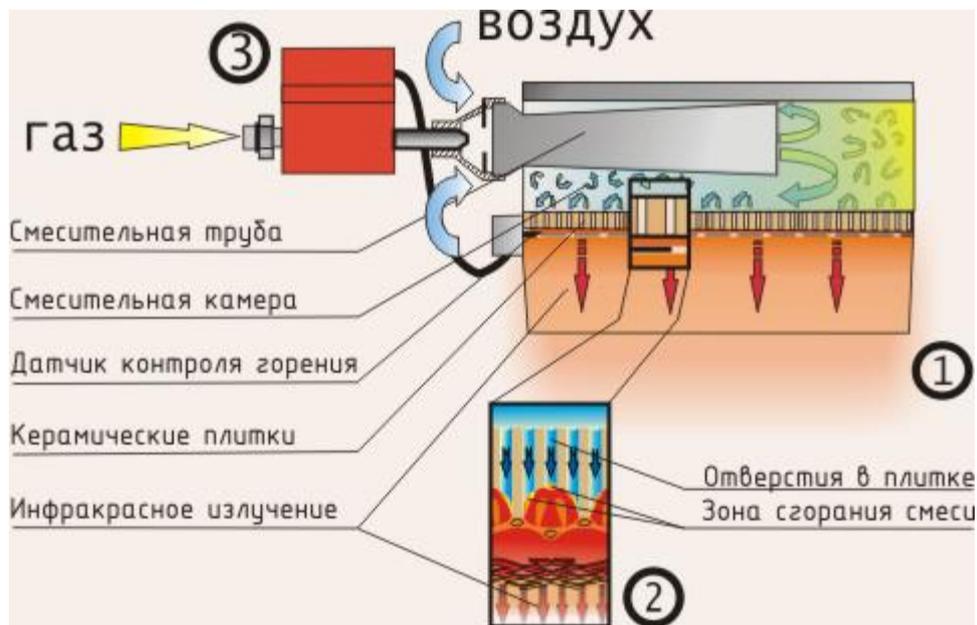


Рисунок 3 – Принципиальная схема "светлого" газового инфракрасного излучателя

### 3.2 Тёмные системы

В данных системах, газовый факел, скрывают внутри трубки излучателя. Подразделяются на: блочные, модульные и ленточные.

Модульные используются при обогреве столиков в кафе, отдельных рабочих мест. Из ленточных обогревателей собирают большие системы, в зависимости от характеристик помещения. По способу компоновки различают: длинные (до 350м) и короткие (6-24м).

По форме короткие излучатели могут быть: линейными и U-образные. По числу излучателей (двойные или одинарные). Диапазон мощности коротких систем 10-60 кВт, а длинных до 500 кВт. Помимо этого, можно собирать системы с большим количеством горелок. В качестве примера можно рассмотреть CoRayVac фирмы Roberts Gordon.

Используются при обогревание цехов, каф и других помещений, у которых высота потолков меньше 7м.

Необходимо организовать подвод электричества, газа и отвод продуктов сгорания к каждому излучателю. Через комбинированный газовый клапан, происходит смешение газа с воздухом, далее получившаяся смесь поступает в

смесительную камеру, в которой уже образуется горючая смесь. Проходя через керамическую плитку, происходит зажигание смеси на первой поверхности плитки.

Образующиеся при сгорании, продукты сгорания и пламя, распределяются равномерно по всей излучающей трубе. Это приводит к возникновению приятного ощущения тепла. С помощью вентилятора, из системы выводятся несгоревшие остатки, в систему отвода, монтирующийся для каждого излучателя отдельно.



Рисунок 4 – Принципиальная схема "темного" газового инфракрасного излучателя

Рассматривая излучатели фирмы ЗАО "Сибшванк", на первом месте стоит безопасность производства. Происходит непрерывное контролирование процесса горения блоком автоматики с микропроцессорным регулированием. Если подача газа прекратится, то клапан закроется, что предотвратит утечку газа.

Рассмотрим несколько представителей таких излучателей: Roberts Gordon, GoGas, Fraccaro, Pender, ОАО «ИЭМЗ «Купол»

### 3.3 Расчет тепловой нагрузки системы отопления

Использование газовых систем, для отопления зданий, значительно сокращает величину расхода (40-60%) [8]. Расчетное значение мощности системы водяного отопления составило 27,842кВт. Получим величину мощности системы

отопления газовыми излучателями: 11,14-16,71 кВт. Среднее значение мощности – 13,93 кВт.

### 3.4 Выбор типа и количества горелок инфракрасного излучения

Значение расстояния от излучателя до пола соответствует выражению

$$H/F^2 \leq 0,1; \quad (19)$$

Значение расстояния между излучателями соответствует выражению

$$a/H \leq 1; \dots\dots\dots (20)$$

где  $H$  – значение расстояния от излучателя до пола, м;

$F$  – величина обогреваемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$a$  – значение расстояния между излучателями, м.

По таблице 1, величина площади помещения равняется  $F_1 = 288 \text{ м}^2$ , и высоты  $H=3,8\text{м}$ , поэтому, располагать горелки можно на максимальном значении высоты.

Наибольшее распространение, среди российского рынка, получили излучатели ГИИ производства ЗАО «Сибшванк».

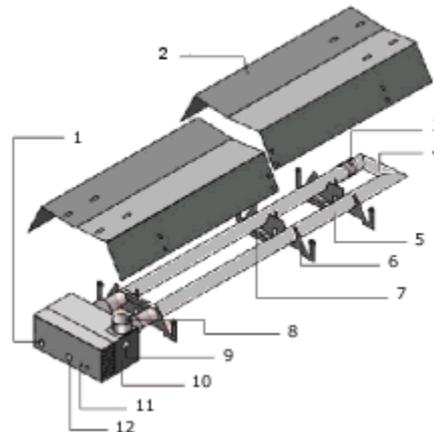


Рисунок 5 – Схема горелки типа ГИИ

- 1 – подключение электричества, 2 – отражатель, 3 – компенсатор, 4 - колено, 5 – излучающие трубы, 6 – кронштейн, 7 – крепление труб к кронштейну,
- 8 – выброс продуктов сгорания, 9 – подвод воздуха, 10 – газогорелочный блок, 11 – контрольные лампы, 12 – розетка датчика работы горелки.

Таблица 4-Характеристики горелки ГИИ-ТМ-У

Наименование параметра	ГИИ-ТМ-9У	ГИИ-ТМ-15У	ГИИ-ТМ-20У	ГИИ-ТМ-30У	ГИИ-ТМ-40У
Номинальная тепловая мощность, кВт	5	15	19	29	39
Потребляемый газ	природный и сжиженный				
Максимальное присоединительное давление газа, Па	5 000				
Расход газа при номинальной тепловой мощности:					
-для природного газа, м <sup>3</sup> /ч	0,8	1,5	1,91	2,91	3,91
-для сжиженного газа, кг/ч	1,05	1,17	1,48	2,25	3,03
Температура излучающей поверхности, не более °С	400				
Содержание окислов азота в сухих неразбавленных продуктах сгорания при коэффициенте избытка воздуха равном 1, мг/м <sup>3</sup> , не более	210				
Содержание окиси углерода в сухих неразбавленных продуктах сгорания % к объему, не более	0,05				
Электрическое питание, В, Гц, ВА	220, 50, 100				
Масса излучателя, не более, кг	48	54	54	92	92
Габаритные размеры, мм:					
-длина	3583	3583	3583	6634	6634
-ширина	584				
-высота	243				

Устанавливаем 11 штук горелок типа ГИИ-ТМ-15У, с величиной мощности 5 кВт.

### 3.5 Расчет процесса горения топлива

Необходимо определить количество продуктов сгорания в газопроводе. В качестве исходного топлива будем рассматривать природный газ.

Таблица 5-Параметры природного газа

Позиция	Наименование	Величина	Размерность
	1	2	3
1	Топливо	природный газ	
	СН <sub>4</sub>	93	%
	С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>	5	%
	С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>	0,5	%
	СО <sub>2</sub>	1,9	%
2	Коэффициент избытка воздуха, $\alpha$	1,1	-
3	Температура газов за излучателем, $T_{yx}$	400	°С

Величина низшей теплоты сгорания

$$Q_n^p = 254,07 \cdot H_2S + 358,2 \cdot CH_4 + 637,46 \cdot C_2H_6 + 912,3 \cdot C_3H_8 + 1186,2 \cdot C_4H_{10} + 1460 \cdot C_5H_{12}, \text{ кДж/м}^3. \quad (20)$$

$$Q_n^p = 358,2 \cdot 92,66 + 637,46 \cdot 5,04 + 912,3 \cdot 0,45 = 35666 \text{ кДж/м}^3.$$

Для горения величина газа равняется

$$B = \frac{N \cdot 3600}{Q_p^h \cdot \eta}, \text{ нм}^3/\text{час} \quad (21)$$

где В – величина расхода газа для горения, нм<sup>3</sup>/час;

N – значение тепловой мощности, Вт;

η – КПД.

$$B = \frac{13,9 \cdot 3600}{35666 \cdot 0,95} = 1,48, \text{ нм}^3/\text{час}.$$

Для полного сгорания топлива определим необходимое количество воздуха

$$V_0^H = 0,0476 \cdot (0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + 2CH_4 + 3,25 \cdot C_2H_6 + 5 \cdot C_3H_8 + 6,5 \cdot C_4H_{10}), \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (21)$$

$$V_0^H = 0,0476 \cdot (2 \cdot 92,66 + 3,25 \cdot 5,04 + 5 \cdot 0,45) = 9,71, \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Значение теоретического объема N<sub>2</sub>

$$V_{0N_2}^H = 0,79 V_0^H + \frac{N_2}{100}, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (22)$$

$$V_{0N_2}^H = 0,79 \cdot 9,71 = 7,73, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Величина объема трехатомных газов:

$$V_{RO_2}^H = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_m H_n), \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (23)$$

$$V_{RO_2}^H = 0,01 \cdot (1,85 + 92,66 + 2 \cdot 5,04 + 3 \cdot 0,45) = 1,06, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Величина объема водяного пара

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot CH_4 + 3 \cdot C_2H_6 + 4 \cdot C_3H_8 + 5 \cdot C_4H_{10} + 6 \cdot C_5H_{12} + 0,124 \cdot d_r) + 0,016 \cdot \alpha \cdot V_0^H, \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

$$V_{H_2O} = 0,01 \cdot (2 \cdot 92,66 + 3 \cdot 5,04 + 4 \cdot 0,45 + 0,124 \cdot 10) + 0,016 \cdot 1,1 \cdot 9,71 = 2,2, \text{ м}^3/\text{м}^3. \quad (24)$$

Значение объема воздуха избыточного:

$$\Delta V_g = (\alpha - 1) \cdot V_0^H, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (25)$$

$$\Delta V_g = (1,1 - 1) \cdot 9,71 = 0,971, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Величина полного объема газов:

$$V_z = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V_0^H, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (26)$$

$$V_{\Sigma} = 1,06 + 7,73 + 2,2 + (1,1 - 1) \cdot 9,71 = 11,96, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Значение сухого объема газа

$$V_{\Sigma} = V_{RO_2} + V_{N_2} + (\alpha - 1) \cdot V_o'' , \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (27)$$

$$V_{\Sigma} = 1,06 + 7,73 + (1,1 - 1) \cdot 9,71 = 9,76, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Величина объема уходящих газов

$$W_{\Sigma} = \frac{B_{\text{уac}} \cdot V_{\Sigma}}{3600}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (28)$$

$$W_{\Sigma} = \frac{1,48 \cdot 9,76}{3600} = 0,004, \text{ м}^3/\text{ч}$$

На один излучатель количество уходящих газов

$$V_{\text{изл}} = \frac{W_{\Sigma}}{n}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (29)$$

где n - количество излучателей, шт.

$$V_{\text{изл}} = \frac{0,004}{3} = 0,0013, \text{ м}^3/\text{ч} = 4,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Величина плотности уходящих газов

$$\rho_m = \frac{\sum C_m H_n \cdot M_i}{22,4} \cdot \frac{T_0}{T_0 + t_m}, \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (30)$$

$$\rho_m = \left( \frac{92,66 \cdot 16}{22,4 \cdot 100} + \frac{5,04 \cdot 30}{22,4 \cdot 100} + \frac{0,45 \cdot 44}{22,4 \cdot 100} + \frac{1,85 \cdot 44}{22,4 \cdot 100} \right) \cdot \frac{273}{273 + 50} = 0,655, \text{ кг}/\text{м}^3.$$

### 3.6 Аэродинамический расчет газопровода

Задачами аэродинамического расчета являются: определение диаметра газопровода. Существуют две сети: низкого (не более 50 м<sup>3</sup>/ч расход) и высокого давления (> 50 м<sup>3</sup>/ч расхода).

Прокладку трубопроводов предусматривают из труб стальных. На подающем трубопроводе необходимо установить: устройства для отключения у на наружной стене здания с изолирующими фланцами, запорную арматуру.

Определяются внутренние диаметры газопроводов путем расчета. Скорость движения газа необходимо принять не более 7 м/с. Пускаем по газоходу природный газ со следующими параметрами: ( $\rho_0 = 0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $v = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

Первоначально, необходимо разбить схему на участки, и определить их длину и расчетный расход. Расчет начинают с самого дальнего участка.

Определим величину диаметра газопровода

$$W = \frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot D^2 \cdot 3600}, \text{ м/с} \quad (31)$$

где  $W$  – величина скорости движения газа,

$V_r$  – величина расхода газа, м<sup>3</sup>/ч;

$D$  – величина внутреннего диаметра газопровода, м.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot W \cdot 3600}}, \text{ м} \quad (32)$$

Величина общих потерь давления на трение

$$\Delta P_{об} = \frac{\Delta P}{l} \cdot l_{\phi}, \text{ Па.} \quad (33)$$

Произведем расчет газопровода по каждому участку

Участок №3: при  $W_{зад} = 2,2$  м/с и  $l_{\phi} = 12$  м.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,5}{\pi \cdot 2,2 \cdot 3600}} = 0,009, \text{ м}$$

Подбираем по стандартному ряду ближайшее значение диаметра, и размеры 21,3x2,8мм.

Рассчитываем скорость

$$W_{действ} = \frac{4 \cdot 0,5}{\pi \cdot 0,0157^2 \cdot 3600} = 0,7, \text{ м/с}$$

По номограмме определяем величину удельных потерь давления на трение

$$\frac{\Delta P}{l} = 1,2 \text{ Па/м.}$$

Следовательно, величина общих потерь давления на участке:

$$\Delta P_{об} = 1,2 \cdot 12 = 14,4, \text{ Па.}$$

По такому же принципу, производим расчет для других участков:

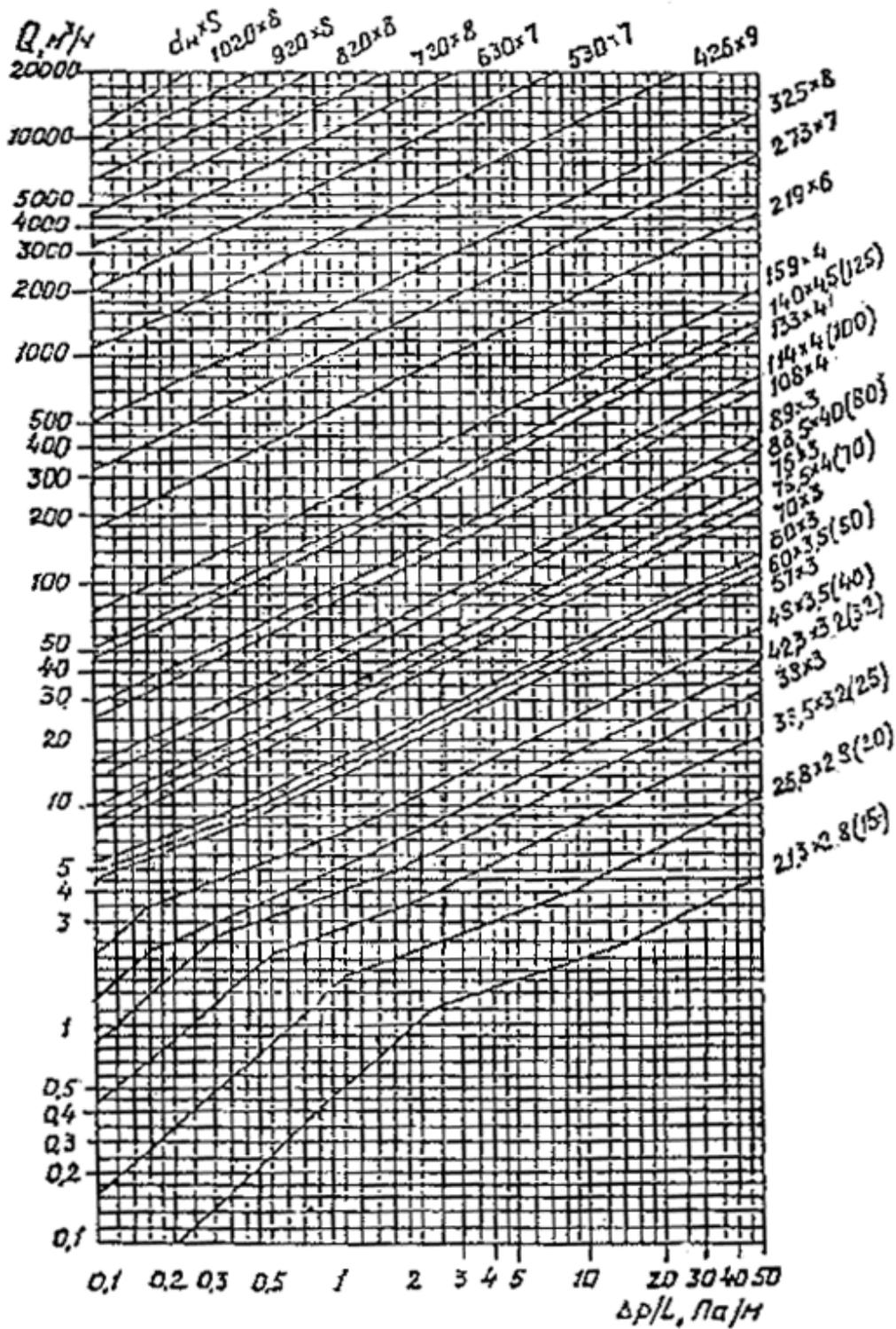


Рисунок 6 – Номограмма для определения потерь давления в стальных газопроводах низкого давления

Таблица 6 – Результаты аэродинамического расчета

участок №№	длина l <sub>ф</sub> , м.	задаваемая скорость W <sub>задав</sub> , м/с	действительная скорость W <sub>действ</sub> , м/с	количество горелок, шт.	Расход газа V <sub>г</sub> , м <sup>3</sup> /ч	диаметр D <sub>н</sub> ×S, м	удельные потери давления ΔP/l, Па/м	общие потери давления ΔP <sub>об</sub> , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	
Магистраль								
1	16	1,9	2,1	3	1,49	21,3×2,8	2,9	44,9
2	6	1,3	1,45	2	1	21,3×2,8	2,2	13,7
3	12	2,1	0,9	1	0,6	21,3×2,8	1,4	14,5
								Σ 74
Ответвления								
4	6	2,1	0,9	1	0,6	21,3×2,8	1,4	7,1
5	6	2,1	0,9	1	0,6	21,3×2,8	1,4	7,1

Величина общих потерь давления на газопроводе с поправкой на местные потери давления

$$\sum P = \Delta P_{об} \cdot 1,2, \text{ Па} \quad (34)$$

Следовательно,  $\sum P = 74 \cdot 1,2 = 88,8, \text{ Па}$

Зададимся величиной избыточного давления горелки  $P_{изб} = 5000 - 88,8 = 4911,2$  Па. Аэродинамический расчет был проведен верно.

### 3.7 Расчет удаления дымовых газов

При помощи воздухопроводов удаляются дымовые газы.

Расчет диаметра воздуховода

Отсюда

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{изл}}{\pi \cdot W \cdot 3600}}, \text{ м} \quad (35)$$

Находим по номограммам удельные потери давления, и затем общие потери давления на тернии. Полученные результаты запишем в таблицы 7,8

Таблица 7 – Значение местных сопротивлений

№ участка	D, мм	наименование местных сопротивлений	$\zeta$	$\Sigma\zeta$
	1			
<i>Магистраль</i>				
1		<i>колено, зонт, шибер</i>	1,2+0,7+1,2	3,1
2		<i>тройник-проход</i>	0,3	0,3
3		<i>тройник-проход</i>	0,4	0,4
<i>Ответвления</i>				
4		<i>тройник-ответвление, шибер</i>	0,6+0,9	1,5
5		<i>тройник-ответвление</i>	0,4	0,4

Таблица 8 – Расчет газопроводов, используемые для удаления воздуха

№ участка	Количество газа L, м <sup>3</sup> /ч	Длина l, м	Диаметр d <sub>3</sub> , мм.	Скорость v, м/с	Потери давления на трение, кг/м <sup>2</sup>		сумма коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta$	Скоростное давление Н <sub>0</sub> , кг/м <sup>2</sup>	Потери давления на местные сопротивления Z, кг/м <sup>2</sup>	Общие потери давления на участке R+l+Z, кг/м <sup>2</sup>	Суммарные потери давления на участках от начала сети Н <sub>n</sub> , кг/м <sup>2</sup>
					на 1 м R,	на всем участке R·l					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Магистраль</i>											
1	14,4	13	60	6,5	0,1	1,45	0,4	1,44	0,51	1,95	8,1
2	9,6	7	70	6,2	0,09	0,33	0,3	1,39	0,33	0,66	6,16
3	4,8	13	40	5,4	0,15	0,82	0,8	1	0,37	1,22	5,4
<i>Ответвления</i>											
4	4,8	6	40	5,4	0,15	0,82	1,65	1	1,65	2,5	7,0
невязка (4;3): $\frac{7,3-7,01}{7,3} \cdot 100\% = 3,56\%$											
5	4,8	6	50	7,1	0,1	0,2	1,71	1,65	2,76	2,95	7,3

Величина невязки не превосходит допустимого значения, это значит, что аэродинамический расчет выполнен, верно.

Суммарные потери давления по магистрали составили  $H_n = 7,27$ , кг/м<sup>2</sup>.

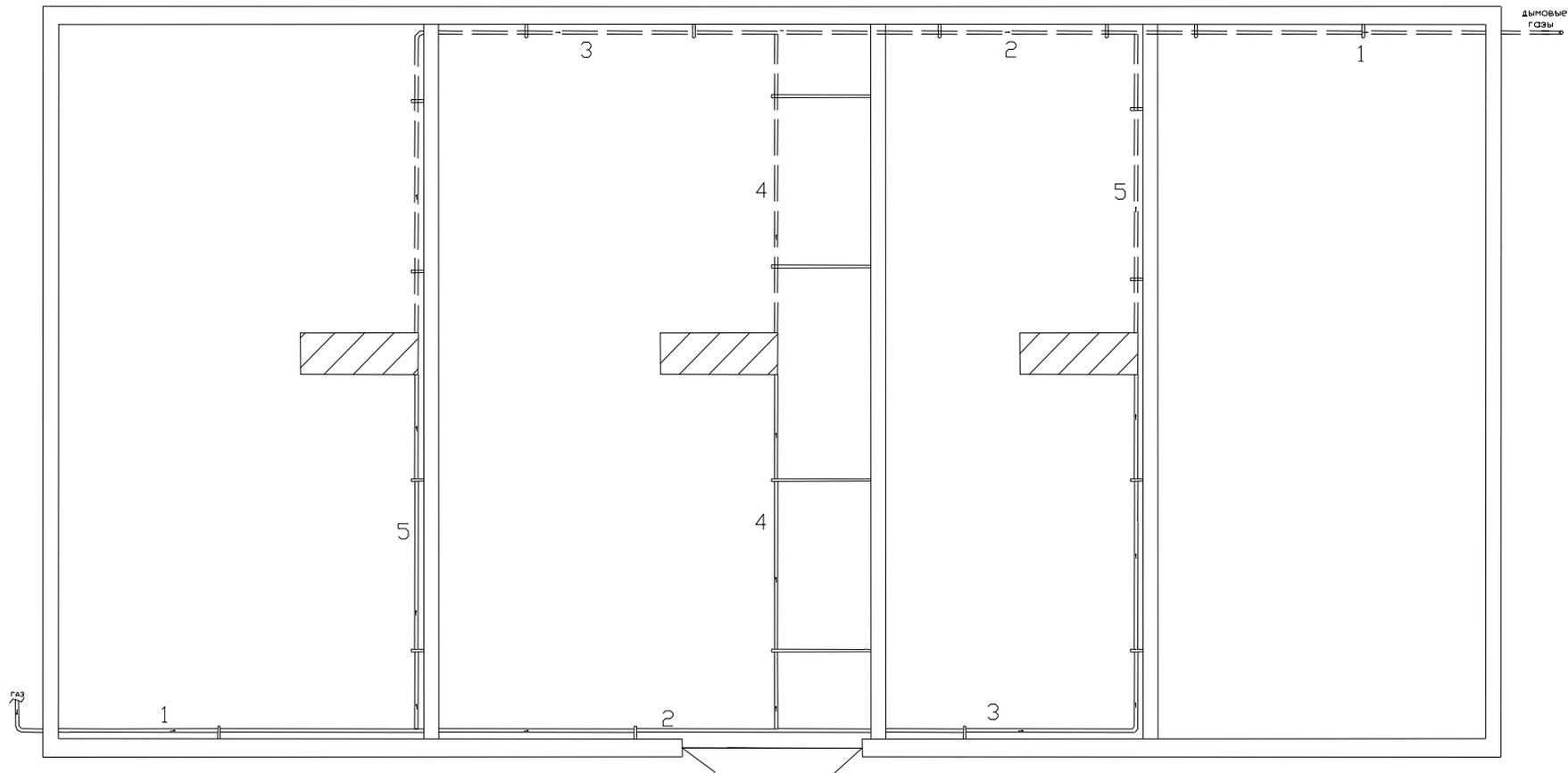


Рисунок 7 – Расположение горелок в помещении

### 3.8 Компоновка газорегуляторного пункта

Для того, чтобы произвести компоновку газорегуляторного пункта нужно выбрать необходимое оборудование и контрольно-измерительные приборы.

#### Выбор регулятора давления

По следующим параметрам ( $Q=1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$  и  $P_{\text{вых}}=5 \text{ кПа}$ ) выбираем регулятор давления – РДНК-400:

- регулируемая среда – природный газ
- температура окружающей среды –  $-40\dots+60$
- максимальное входное давление, МПа – 0,2
- выходное давление, кПа – от 2 до 5
- точность регулирования выходного давления, % –  $\pm 10$
- максимальная пропускная способность,  $\text{м}^3/\text{ч}$  – 2.

Необходимо определить величину запаса пропускной способности  $Q_{\text{max}}/Q = 2/1,5 \approx 20\%$ .

#### Рассчитываем фильтр:

К установке принимаем газовый фильтр ФС – 25 с характеристиками

- диаметр,  $D_y$ , мм – 25
- рабочее давление, МПа, не более – 1,2
- пропускная способность,  $\text{м}^3/\text{ч}$  – 30
- габаритные размеры, мм, не более  
ширина – 115  
длина – 162  
высота – 90
- масса, кг – 6.

## 4 РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ

### 4.1 Требования, предъявляемые к вентиляции

Вентиляционные установки – устройства, обеспечивающие в помещении такое состояние воздушной среды, при котором человек чувствует себя комфортно и микроклимат помещений не оказывает неблагоприятного действия на его здоровье.

Назначение вентиляции – обеспечить санитарно-гигиенические условия для пребывания в помещении человека – температуру, относительную влажность, скорость движения воздуха (подвижность) и чистоту воздуха, для чего вентиляционные устройства должны ассимилировать или удалять избыточную теплоту, влагу, а также газы, пары, пыль с соблюдением при этом определенной подвижности воздуха в помещении.

При проектировании вентиляции традиционно предпочтение отдается наиболее простым из обеспечивающих заданные условия способам. При этом следует стремиться уменьшать производительность систем, принимая целесообразные конструктивно-планировочные решения здания, внедряя технологические процессы с минимумом вредных выделений.

Вентиляционная система – это совокупность устройств для обработки, транспортирования, подачи и удаления воздуха.

Для некоторых производственных помещений вентиляционными устройствами должны поддерживаться параметры температуры, относительной влажности, подвижности и чистоты воздуха на определенном уровне, вытекаемом из особенностей технологического процесса; таким образом, одновременно с санитарно-гигиеническим должны обеспечиваться и технологические требования, предъявляемые к вентиляции.

Устройства вентиляции должны удовлетворять следующим требованиям:

площадь для размещения вентиляционного оборудования и каналов должна быть минимальной; размещение вентиляционных каналов, устройств

для раздачи и забора воздуха должно сочетаться с архитектурным обликом помещений и не ухудшать интерьеров;

в промышленных зданиях вентиляционные устройства не должны мешать производственному процессу;

должна быть обеспечена хорошая виброзвукоизоляция вентиляционного оборудования от строительных конструкций;

в высшей степени важна эксплуатационная характеристика систем вентиляции, которая, как правило, должна учитываться при проектировании, - возможность надежной наладки и регулирования работы отдельных элементов устройств систем вентиляции с целью обеспечения или требуемого изменения расходов воздуха в приточных и вытяжных отверстиях (приточных насадок, местных отсосов); регулирование работы калориферов, вентиляторов и других устройств; удобство обслуживания и ремонта и др.;

минимальная стоимость оборудования и строительно-монтажных работ, максимально-возможная экономия электроэнергии и топлива при эксплуатации вентиляционных установок, возможности легкого и надежного регулирования или переключения с одного режима работ на другой при изменении выделения расчетных вредностей.

#### 4.2 Принципы устройства вентиляции

Для того, чтобы обеспечить требуемые качества воздушной среды, нужно постоянно сменять воздух, за место вытяжного, подавать свежий, проходящий соответствующую обработку.

Системы перемещения воздуха бывают механического и естественного вида. Перемещение воздуха в естественных системах происходит, в виду, разностей плотностей внутреннего и наружного воздуха. А механические – воздух перемещается под действием вентиляторов.

Также систему вентиляции можно разделить по конструктивному оформлению: смешанные, местные и общеобменные.

Под общеобменной вентиляцией понимают такую систему, где воздухообмен происходит путем вытяжки и подачи воздуха из всего помещения. Такая система подразделяется на приточную и вытяжную.

Местная система вентиляции – система, вытяжное устройство, в которой, размещается там, где выделяются вредные вещества.

И смешанная – система, в которой присутствуют элементы как местной, так и общеобменной вентиляции.

Проектируем местную систему вентиляции, для удаления загрязненного воздуха.

#### 4.3 Вытяжная система вентиляции

В механическую систему вытяжной вентиляции входит: воздуховод, местный отсос, вентилятор, фильтры, вытяжная шахта. Перед тем как проектировать производственное здание, необходимо сразу же предусмотреть площадь расположения вентиляционного оборудования. Не рекомендуется, по условиям эксплуатации, размещать вентиляционное оборудование снаружи помещения.

Вентиляционные установки рекомендуют размещать в помещениях на высоте 3-4 метра от поверхности пола.

Местные отсосы используют для улавливания вредных веществ в воздухе. Благодаря им в помещение сокращается поступление вредных веществ, тем самым способствуют достижению системы вентиляции при минимальном значении воздухообмена и минимуму капитальных затрат. Также использование местных отсосов приводит к решению основной задачи вентиляции – санитарно-гигиеническая.

Рассмотрим классификацию местных отсосов:

1 полуоткрытые. Источник вредных выделений располагается внутри. К такому виду относятся: фасонные укрытия, вытяжные шкафы.

2 открытые. Источник вредных выделений располагается за пределами. Бортовые отсосы, вытяжные зонты.

3 отсосы закрытые полностью. Составная часть кожуха аппарата или машины, в которых есть неплотности или отверстия, через которые поступает воздух. Дробилки, барабаны для очистки литья.

4.3.1 Условия эффективного действия местных отсосов и требования предъявляемые к ним

Прежде чем спроектировать местную вытяжную вентиляцию нужно учитывать следующие моменты:

Местный отсос необходимо располагать на линии распространения потока, при направленном потоке вредных выделений. Используют энергию потока.

Отсос необходимо располагать вблизи к источнику вредных выделений, так как на небольшом расстоянии наблюдается эффект всасывания.

Необходимо, чтобы через отсос улавливалось максимальное количество вредных выделений, причем с минимальным значением расхода воздуха.

Нельзя, чтобы удаляемый воздух проходил через зону дыхания рабочего.

Конструктивные размеры отсосов не должны служить помехой работе.

Использование местных отсосов приводит к меньшим гидравлическим сопротивлениям, а также упрощение конструкции.

4.3.2 Вытяжные зонты

Вытяжные зонты получили наибольшее распространение из местных отсосов. Это связано с простотой изготовления и монтаж, эксплуатация. Используются в тех случаях, когда выделяющиеся вредные вещества легче чем воздух. Зонты применяются тогда, когда воздух незначительной подвижности, так как поток воздуха направляемый под зонт, имеет свойство отклоняться. Установка их возможна над всеми возможными технологическими установками. Если источник больших габаритов, то зонты применяются вытянутой, компактной формой в высоту, а также при

технологических процессах, которые сопровождаются ручными операциями, при условиях производства применение местных отсосов другого вида нельзя.

Устанавливаем зонты, стендом для испытаний ( $h=200$  см) и верстаком ( $h=150$  м). Установка таких зонтов возможно, как при естественной вентиляции, так и при механической. Но эффективность таких зонтов низкая, это объясняется следующими недостатками.

1 значение скорости зонта в рабочем сечении равняется скорости подвижного воздуха в помещении,

2 объем воздуха, который удаляется через зонт необоснован.

#### 4.3.3 Расчет зонта над стендом испытаний.

Целью расчета является – определение величины воздуха, который удаляется вытяжными зонами, установленные над стендом испытания  $h=200$  см. Зонт имеет размеры  $2000 \times 3000 \times 600$ , с температурой на поверхности  $80^\circ\text{C}$ .

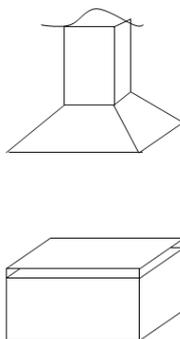


Рисунок 8 – Расположение зонта над стендом испытания

Величина условного диаметра вытяжного зонта

$$d_{\text{усл}} = \frac{4 \cdot F}{P}, \text{ м} \quad (36)$$

где  $F$  – величина площади зонта,  $\text{м}^2$ ;

$P$  – периметр зонта, м.

$$d_{\text{усл}} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 3}{2 \cdot 2 + 2 \cdot 3} = 2,4, \text{ м}.$$

Определим величину расстояния между сечением зонта и теплоотдающей поверхности.

$$m = \frac{h}{d_{\text{усл}}}, \quad (37)$$

где  $h$  – величина высоты установки зонта над прессом, м;

$d_{\text{усл}}$  – величина условного диаметра зонта, м.

$$m = \frac{2}{2,4} = 0,833.$$

Определим величину температуры уходящего под зонт воздушного потока

$$t_{\text{yx}}^u = t_{\text{p.з.}} + \alpha \cdot (t_n - t_{\text{p.з.}}), ^\circ\text{C} \quad (38)$$

где  $t_{\text{p.з.}}$  – значение температуры воздуха в рабочей зоне,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – величина температуры теплоотдающей поверхности,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{\text{yx}}^u = 18 + 0,28 \cdot (80 - 18) = 35, ^\circ\text{C}.$$

Определение значения средней температуры воздушного потока у входа в зонт

$$t_{\text{yx}}^{\text{cp}} = 0,39 \cdot (t_{\text{yx}}^u - t_{\text{p.з.}}) + t_{\text{p.з.}}, ^\circ\text{C}; \quad (39)$$

$$t_{\text{yx}}^{\text{cp}} = 0,39 \cdot (35 - 18) + 18 = 24, ^\circ\text{C}.$$

Величина максимальной осевой скорости потока

$$v_{\text{макс}} = 0,000555 \cdot (t_n - t_{\text{p.з.}}) + 0,3, \text{ м/сек.} \quad (40)$$

Формула имеет место быть если  $(t_n - t_{\text{p.з.}}) > 50$   $^\circ\text{C}$ . Таким образом

$$v_{\text{макс}} = 0,000555 \cdot (80 - 18) + 0,3 = 0,334, \text{ м/сек.}$$

Величина осевой скорости потока в плоскости сечения зонта

$$v_{\text{yx}}^u = \beta \cdot v_{\text{макс}}, \text{ м/сек}; \quad (41)$$

$$v_{\text{yx}}^u = 0,18 \cdot 0,334 = 0,06, \text{ м/сек}$$

Значение средней скорости потока в плоскости зонта

$$v_{\text{yx}}^{\text{cp}} = 0,39 \cdot v_{\text{yx}}^u, \text{ м/сек}; \quad (42)$$

$$v_{\text{yx}}^{\text{cp}} = 0,39 \cdot 0,06 = 0,024, \text{ м/сек.}$$

Величина коэффициента теплоотдачи конвекции

$$\alpha = 2,8 \cdot \sqrt[4]{t_n - t_{\text{p.з.}}} \cdot \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}; \quad (43)$$

$$\alpha = 2,8 \cdot \sqrt[4]{80 - 18} = 7,9, \frac{Bm}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Определим, какое количество конвекционного тепла выделяется с поверхности

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot (t_n - t_{p.з.}), \text{ Вт}; \quad (44)$$

$$Q_k = 7,9 \cdot 6 \cdot (80 - 18) = 2939, \text{ Вт}.$$

Рассчитаем, какое количество воздуха, необходимо подать под зонт

$$L_{yx} = \frac{Q_k \cdot (t_{yx}^{cp} + 273)}{39,7 \cdot (t_{yx}^y - t_{p.з.})}, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}; \quad (45)$$

$$L_{yx} = \frac{2939 \cdot (24 + 273)}{39,7 \cdot (35 - 18)} = 1293, \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Величина площади сечения потока

$$F_{yx} = \frac{L_{yx}}{3600 \cdot v_{yx}^{cp}}, \text{ м}^2; \quad (46)$$

$$F_{yx} = \frac{1293}{3600 \cdot 0,024} = 14,9, \text{ м}^2.$$

Диаметр поперечного сечения потока

$$d_n = 1,13 \cdot \sqrt{F_{yx}}, \text{ м}; \quad (47)$$

$$d_n = 1,13 \cdot \sqrt{14,9} = 4,4, \text{ м}.$$

Рассчитаем величину объем воздуха, необходимого удалить из помещения.

$$L = F \cdot v_{yx}^{cp} \cdot 3600, \frac{\text{м}^3}{\text{час}}; \quad (48)$$

$$L = 6 \cdot 0,024 \cdot 3600 = 518,4, \frac{\text{м}^3}{\text{час}}.$$

Расчет зонта над верстаком.

Необходимо рассчитать количество воздуха, необходимого удалить вытяжными зонтами, установленные над верстаком на  $h=1500$ см. Зонт имеет размеры  $2000 \times 2000 \times 600$ мм. Значение температуры на верстаке  $18^\circ\text{C}$ , в рабочей зоне  $18^\circ\text{C}$ .

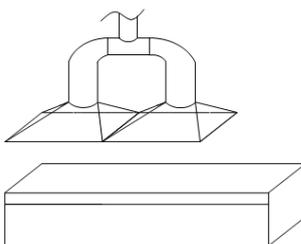


Рисунок 9 – Расположение зонта над верстаком

Значение условного диаметра вытяжного зонта.

$$d_{ysl} = \frac{4 \cdot F}{P}, \text{ м} \quad (48)$$

где  $F$  – величина площади зонта,  $\text{м}^2$ ;

$P$  – периметр зонта, м.

$$d_{ysl} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 2}{2 \cdot 2 + 2 \cdot 2} = 2, \text{ м}.$$

Расчетное расстояние между сечением зонта и теплоотдающей поверхностью верстака

$$m = \frac{h}{d_{\text{усл}}}, \quad (49)$$

где  $h$  – величина высоты установки зонта над верстаком, м;  
 $d_{\text{усл}}$  – величина условного диаметра зонта, м.

$$m = \frac{1,5}{2} = 0,75.$$

Находим температуру воздушного потока

$$t_{yx}^u = t_{p.z} + \alpha \cdot (t_n - t_{p.z}), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (50)$$

где  $t_{p.z}$  – значение температуры воздуха в рабочей зоне,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $t_n$  – величина температуры теплоотдающей поверхности,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{yx}^u = 18 + 0,28 \cdot (80 - 18) = 35, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значение средней температуры воздушного потока у входа в зонт

$$t_{yx}^{cp} = 0,39 \cdot (t_{yx}^u - t_{p.z}) + t_{p.z}, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (51)$$

$$t_{yx}^{cp} = 0,39 \cdot (25 - 18) + 18 = 21, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Величина максимальной осевой скорости потока

$$v_{\text{макс}} = 0,000555 \cdot (t_n - t_{p.z}) + 0,3, \text{ м/сек.} \quad (52)$$

Формула имеет место быть если  $(t_n - t_{p.z}) > 50 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Поэтому

$$v_{\text{макс}} = 0,000555 \cdot (70 - 18) + 0,3 = 0,329, \text{ м/сек.}$$

Величина осевой скорости потока в плоскости сечения зонта

$$v_{yx}^u = \beta \cdot v_{\text{макс}}, \text{ м/сек}; \quad (53)$$

$$v_{yx}^u = 0,8 \cdot 0,329 = 0,263, \text{ м/сек.}$$

Значение средней скорости потока в плоскости зонта

$$v_{yx}^{cp} = 0,39 \cdot v_{yx}^u, \text{ м/сек}; \quad (54)$$

$$v_{yx}^{cp} = 0,39 \cdot 0,263 = 0,103, \text{ м/сек.}$$

Величина коэффициента конвекции

$$\alpha = 2,8 \cdot \sqrt[4]{t_n - t_{p.з.}}, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}; \quad (55)$$

$$\alpha = 2,8 \cdot \sqrt[4]{70 - 18} = 7,52, \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}.$$

Рассчитаем сколько необходимо выделить с поверхности прессы конвекционного тепла.

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot (t_n - t_{p.з.}), Вт; \quad (56)$$

$$Q_k = 7,52 \cdot 4 \cdot (70 - 18) = 1564, Вт.$$

Значение воздуха, подтекающего под зонт

$$L_{yx} = \frac{Q_k \cdot (t_{yx}^{cp} + 273)}{39,7 \cdot (t_{yx}^u - t_{p.з.})}, \frac{м^3}{ч}; \quad (57)$$

$$L_{yx} = \frac{1564 \cdot (24 + 273)}{39,7 \cdot (25 - 18)} = 1655, \frac{м^3}{ч}.$$

Величина поверхности сечения потока

$$F_{yx} = \frac{L_{yx}}{3600 \cdot v_{yx}^{cp}}, м^2; \quad (58)$$

$$F_{yx} = \frac{1655}{3600 \cdot 0,103} = 4,46, м^2.$$

Значение диаметра поперечного сечения потока

$$d_n = 1,13 \cdot \sqrt{F_{yx}}, м;$$

$$(59)$$

$$d_n = 1,13 \cdot \sqrt{4,46} = 2,39, м$$

Количество удаляемого воздуха их помещения

$$L = F \cdot v_{yx}^{cp} \cdot 3600, \frac{м^3}{час}; \quad (60)$$

$$L = 4 \cdot 0,103 \cdot 3600 = 1484, \frac{м^3}{час}.$$

Так как над верстаком располагаются два однотипных зонта, то для второго расчет будет аналогичным. Значение воздуха, которое необходимо удалить из помещения равняется  $L = 2968, м^3/ч$ .

#### 4.3.5 Расчет общеобменной вентиляции

Определим, какое количество воздуха необходимо подать в помещение

$$L = n \cdot V_n, \frac{M^3}{ч} \quad (61)$$

где  $n$  – величина кратности воздухообмена;

$V_n$  – объем помещения,  $M^3$ .

$$L = 2,8 \cdot 143064 = 40000, \frac{M^3}{ч}.$$

Величину вытягиваемого воздуха примем на 10 % меньше чем приточного,

$$L = 1,1 \cdot L_n, M^3/ч \quad (62)$$

$$L_n = \frac{40000}{1,1} = 36364, \frac{M^3}{ч}.$$

Величина воздуха, которую необходимо вытянуть местным отсосам равняется  $L=3486 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Чтобы удалить остальную часть воздуха, устанавливаем на крыше вентиляторы марки ВКР №6,3 – 3 штуки

мощностью – 2,1, кВт;

скоростью вращения колеса – 1100, об/мин;

производительностью – 16,6, тыс. $M^3/\text{час}$ ;

давлением – 468, Па;

потребляемой мощностью – 2,1, кВт;

весом (без электродвигателя) – 76, кг.

#### 4.3.6 Аэродинамический расчет воздуховода местных отсосов

Через вытяжную систему происходит вытягивание воздуха. Величина производительности системы  $L=3486 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Воздуховод выполняется из стали.

Рассмотри два этапа аэродинамического расчета.

1 расчет основных участков (магистраль)

2 увязка оставшихся участков.

Определим цель расчета: рассчитать размеры сечения участка при исходной величине расхода.

Первым делом вычерчивают схему-аксонометрию, на которой определяют длину ветви системы.

Разбиваем сеть воздуховодов на отдельные участки, и находим величину расхода. Под расчетным понимается такой участок, на котором величина расхода постоянна. Значение расхода определяется суммой расхода на отдельном участке. После чего на аксонометрическую схему наносят значение длины и расхода, на каждом участке.

Определяем главную магистраль. Это самая длинная и нагруженная цепочка расчетных участков. Нумерация начинается от самого дальнего участка. Диаметр труб находим по таблицам, по расходу воздуха и скоростью. Для каждой величины диаметра, определяем величину удельных потерь давлению на трение.

Определим потерю давления на трение

$$R = l \cdot R_{\phi}, \text{ Па} \quad (63)$$

где  $l$  – длина участка воздуховода, м.

Находим значения потерь местных сопротивлений. По таблицам определяем значение коэффициента местных сопротивлений.

Таблица 9 – Значение коэффициентов местных сопротивлений

№ участка	D, мм	наименование местных сопротивлений	$\zeta$	n	$\sum \zeta$
	1	2	3	4	5
<i>Магистраль</i>					
1	355	<i>Отвод</i>	1,2	1	1,2
2	355	<i>тройник; диффузор у вентилятора</i>	0,19	1	0,19
<i>Ответвления</i>					
3	180	<i>тройник, шибер</i>	2,1	1	2,1

Величина потерь давления на местных сопротивлениях

$$Z = H_{\phi} \cdot \sum \zeta, \text{ Па} \quad (63)$$

Величина общих потерь давления

$$\Delta P_{\text{уч}} = R \cdot l + Z, \text{ Па} \quad (64)$$

Далее необходимо определить потерю давления на всех участках  $H_{\text{п}} = \sum (R \cdot l + Z)$ ,

Просчитаем увязку остальных участков. Расчет проводится аналогично, только известны потери участка. Потери от точки разветвления до конца ответвления должны быть равны потерям от той же точки до конца главной магистрали, т.е.  $(R \cdot l + Z)_{отв} = (R \cdot l + Z)_{парал.уч}$ .

$$\frac{(R \cdot l + Z)_{отв} - (R \cdot l + Z)_{парал.уч}}{(R \cdot l + Z)_{парал.уч}} \cdot 100\% \leq 10\% \quad (65)$$

Таблица 10 – Расчет воздухопроводов, которые обеспечивают вытяжку воздуха

№ участка	Количество воздуха $L$ , м <sup>3</sup> /ч	Длина $l$ , м	Диаметр $d$ , мм	Скорость $v$ , м/с	Потери давления на трение, кг/м <sup>2</sup>		сумма коэффициентов местных сопротивлений $\sum \zeta$	Скоростное давление $H_0$ , кг/м <sup>2</sup>	Потери давления на местные сопротивления $Z$ , кг/м <sup>2</sup>	Общие потери давления на участке $R \cdot l + Z$ , кг/м <sup>2</sup>	Суммарные потери давления на участках от начала сети $H_n$ , кг/м <sup>2</sup>
					на 1 м $R$	на всем участке $R \cdot l$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Магистраль</i>											
1	2958	7,8	350	8,6	0,212	1,62	1,2	4,44	4,87	6,48	6,48
2	3476	7,8	350	9,9	0,289	2,24	0,2	7,56	1,34	3,56	10,08
<i>ответвления</i>											
3	521	5,6	170	5,9	0,259	1,42	2,1	2,4	4,55	5,98	
невязка (1;3): $\frac{6,48 - 5,98}{6,48} \cdot 100\% = 7,9\%$											

Величина невязки не превышает допустимого значения, следовательно, аэродинамический расчет системы выполнен, верно.

Объем удаляемого воздуха  $L=3486$  м<sup>3</sup>/ч, суммарные потери давления  $\Delta P_{уч}=10,55$  Па, то устанавливаем вентилятор Ц 4-75 №6,3 с скоростью вращения колеса – 950, об/мин; производительностью – 5000 м<sup>3</sup>/час; давлением – 560, Па; наибольший КПД – 0,8 и электродвигатель с параметрами: мощностью – 2,2 кВт; синхронной частотой вращения вала – 1000 мин;

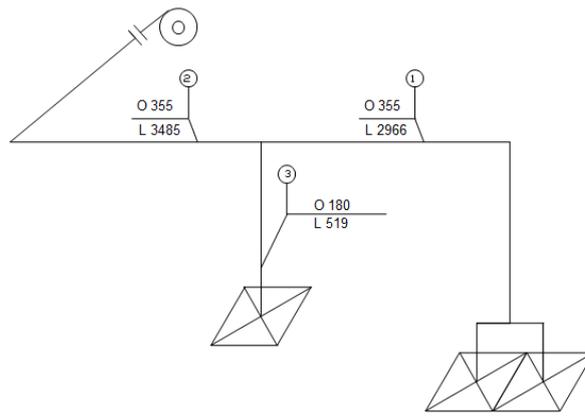


Рисунок 9 – Расположение зонта над верстаком

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продуктом выпускной работы является - проект отопления и вентиляции производственного корпуса. В работе предлагается, в качестве источника нагрева воздуха, использовать газовые инфракрасные излучатели.

Следовательно, к потенциальным потребителям можно отнести предприятия и организации, деятельность, которых связана с энергетикой (производственные помещения ТЭЦ, котельных, производственные помещения, используемые в качестве складов, помещения цехов)

Для начала проведем сегментирование рынка услуг.

Таблица 11 – Карта сегментирования рынка

	Размер предприятия		
	Мелкое	Среднее	Крупное
Капитальные затраты	1,2,3	1,2	2,3
Качество используемого теплоносителя	3	2,3	1,2
Энергоэффективность	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Затраты на основное оборудование	1,2,3	1,3	1,3

1 – производственные помещения ТЭЦ, котельных, 2 – производственные помещения, используемые в качестве складов, 3 – помещения цехов.

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений проводится следующими методами и технологиями: QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ, ФСА-анализ, метод Кано, морфологический анализ.

1. Рассмотрим с помощью технологии QuaD (QUality ADvisor), которая позволяет описывать качество новой разработки и ее перспективность на

рынке и позволяет принимать решение о целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Анализ конкурентно технического решения проводим в табличной форме (таблица 1), где каждый показатель оценивается экспертным путем по 100-балльной шкале: 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,15	100	100	1	15
2. Определение тяжести последствий	0,015	1	100	0,01	0,015
3. Надежность	0,065	100	100	1	6,5
4. Загрязнение окружающей среды, в случае ЧС	0,045	100	100	1	4,5
5. Уровень материалоемкости разработки	0,025	100	100	0,01	2,5
6. Уровень шума	0,025	100	100	1	2,5
7. Безопасность	0,1	100	100	1	10
8. Потребность в ресурсах памяти	0,025	1	100	0,01	0,025
9. Простота эксплуатации	0,075	100	100	1	7,5
10. Ремонтопригодность	0,08	100	100	1	8
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
11. Конкурентоспособность продукта	0,05	100	100	1	5
12. Уровень проникновения на рынок	0,025	1	100	0,01	0,025
13. Перспективность рынка	0,05	100	100	1	5
14. Цена	0,15	1	100	0,01	0,15
15. Финансовая эффективность научной разработки	0,05	1	100	0,01	0,05
16. Срок выхода на рынок	0,05	1	100	0,01	0,05
17. Наличие сертификации разработки	0,025	100	100	1	2,5
Итого	1				73,1

В случае оценки конкурентной способности проекта системы отопления и вентиляции средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки равно  $P_{cp} = 73,1$ , что позволяет судить о перспективности выше среднего.

2. SWOT-анализ используется для определения слабых и сильных сторон проекта

Таблица 13 – SWOT-анализ

<p>Сильные стороны научно- исследовательского проекта:</p> <p>C1. Энергоэффективность</p> <p>C2 Разработка и внедрение новых методов в области производственной безопасности</p> <p>C3 Снижение капиталовложения</p> <p>C4 Повышение надежности системы</p> <p>C5 Системы отопления газовыми излучателями очень компактны, появляется больше свободного места.</p> <p>C6 Простота монтажа системы.</p> <p>C7 Снижение уровня опасных ситуаций и обеспечение безопасного условия труда.</p> <p>C8. Увеличенный срок эксплуатации</p>	<p>Слабые стороны научно- исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Невозможность исключить полностью риск несчастного случая или травматизма.</p> <p>Сл.2. Обучение рабочих бригад новым технологиям</p> <p>Сл3. Необходимость закупа материала за рубежом</p> <p>Сл.4. Дорогостоящее оборудование</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1. Создание новых методов, позволяющих исключить несчастный случай</p> <p>V2. Высокая актуальность в реализации проекта</p> <p>V3. Финансовая эффективность научной разработки</p> <p>V4. Конкурентоспособность продукта</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Повышение цен на оборудование</p> <p>У2. Падение спроса при появлении новых конкурентов</p> <p>У3. Уровень материалоемкости разработки</p> <p>У4. Увеличение списка обязанностей производства, требований к предприятию, его энергоаудиту и пр.</p> <p>У5.Выход из строя оборудования</p>

Проведя анализ, сделаем вывод о том, что рассматриваемый расчет, является достаточно перспективным. Это подтверждает большое значение сильных сторон.

Далее определим возможные стратегические изменения. Сравним слабые и сильные стороны на соответствие.

Таблица 14 – Интерактивная матрица по выявлению сильных сторон и возможностей

		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Возможности	V1	+	+	+	+	+	+	+	+
	V2	+	+	0	+	+	0	+	+
	V3	0	+	-	0	0	-	+	+
	V4	+	+	-	+	+	-	-	-

Анализ данной интерактивной таблицы показал коррелирующие сильные стороны и возможности: V1C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7C8,

B2C1C2C4C5C7C8; B3C2,C7C8; B4C1,C2,C4,C5. Далее рассмотрим корреляцию слабых сторон

Таблица 15 – Интерактивная матрица по выявлению слабых сторон и возможностей

Слабые стороны					
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	0	+	0	0
	B2	-	-	-	0
	B3	-	0	0	-
	B4	+	-	-	+

Корреляции слабых сторон и возможностей следующие: B1Сл2; B4Сл1,Сл4 .

Таблица 16 – Интерактивная матрица по выявлению сильных сторон и угроз.

Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	У1	+	0	-	-	-	-	0	0
	У2	+	+	-	0	0	-	+	+
	У3	+	-	0	0	-	-	+	+
	У4	+	-	-	-	-	-	0	0
	У5	+	+	-	-	0	-	-	-

Возможна следующая корреляция сильных сторон и угроз: У1С1, У2С1,С2,С7,С8, У3С1,С7,С8, У4С1, У5С1,С2

Таблица 17 – Интерактивная матрица по выявлению слабых сторон и угроз

Слабые стороны					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	0	+	+	+
	У2	+	+	+	+
	У3	-	0	+	+
	У4	-	-	0	0
	У5	+	-	+	+

Могут быть получены следующие результаты: У1Сл2,Сл3,Сл3, У2Сл1Сл2Сл3Сл4, У3Сл3Сл4, У5Сл1,Сл3,Сл4.

## 5.2 Планирование работ и оценка времени их выполнения

Для расчета заработной платы составляется перечень работ и оценка времени их выполнения.

Таблица 18 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Формулирование задачи	Руководитель темы
2	Составление технического задания на проект	Студент
3	Расчет системы отопления	Студент
4	Расчет системы отопления газовыми излучателями	Студент
5	Аэродинамические расчеты	Студент
6	Расчет вентиляции	Студент
7	Расчет оборудования	Студент
8	Анализ результатов	Руководитель, студент
9	Разработка экономической части	Студент
10	Расчет БЖД	Студент
11	Оформление работы	Студент

Определение трудоемкости выполнения работ:

Чтобы определить ожидаемое (среднее) значение трудоемкости воспользуемся следующей формулой:

$$t_{ожи} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{махи}}{5}$$

$t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел. дн

$t_{мини}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел. дн.

$t_{махи}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел. дн.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях

Тр.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}$$

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, чел

Проведем расчет для первого пункта и занесем полученные значения в таблицу

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{\min i} + 2 \cdot t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 1}{5} = 1, \text{ чел.-дн}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{U_i} = \frac{1}{2} = 0,5, \text{ раб.дн}$$

Таблица 19 – Перечень работ с количеством необходимых дней

№ работы	Наименование работы	$t_{\min i}$ , день	$t_{\max i}$ , день	U, человек	$t_{ожі}$ , день	$T_{pi}$ раб.дн
1	Формулирование задачи	1	2	2	2	1
2	Составление технического задания на проект	1	1	1	1	1
3	Расчет системы отопления	4	7	1	6	6
4	Расчет системы отопления газовыми излучателями	3	6	1	5	5
5	Аэродинамические расчеты	3	6	1	5	5
6	Расчет вентиляции	2	5	1	4	4
7	Расчет оборудования	2	5	1	4	4
8	Анализ результатов	1	4	2	2	2
9	Разработка экономической части	1	4	1	3	2
10	Расчет БЖД	1	2	1	1	1
11	Оформление работы	1	3	1	2	2

### Разработка графика проведения работ

Для построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перенести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot \kappa_{\text{кал}}$$

$T_{ki}$  – продолжительность выполненной  $i$  работы в календарных днях

$\kappa_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности

Коэффициент календарности определим по следующей формуле

$$\kappa_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

$T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году,

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году,

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году

$$\kappa_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 2$$



№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал.дн	Продолжительность выполнения работ									
				Апрель									
				1-4	5-8	9-10	11-15	16-18	19-20	21-24	25-28		
1	Формулирование задачи	Руководитель темы	2										
2	Составление технического задания на проект	Студент	2										
3	Расчет системы отопления	Студент	12										
4	Расчет системы отопления газовыми излучателями	Студент	10										
5	Аэродинамические расчеты	Студент	10										
6	Расчет вентиляции	Студент	8										
7	Расчет оборудования	Студент	8										
8	Анализ результатов	Руководитель, студент	4										
9	Разработка экономической части	Студент	4										
10	Расчет БЖД	Студент	2										
11	Оформление работы	Студент	4										

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ кал.дн	Продолжительность выполнения работ								
				Май								
				10-13	14-17	18-19	20-21	22-23	24-25	26-27	28-31	
1	Формулирование задачи	Руководитель темы	2									
2	Составление технического задания на проект	Студент	2									
3	Расчет системы отопления	Студент	12									
4	Расчет системы отопления газовыми излучателями	Студент	10									
5	Аэродинамические расчеты	Студент	10									
6	Расчет вентиляции	Студент	8									
7	Расчет оборудования	Студент	8	■								
8	Анализ результатов	Руководитель, студент	4			■						
9	Разработка экономической части	Студент	4					■				
10	Расчет БЖД	Студент	2							■		
11	Оформление работы	Студент	4								■	

### 5.3 Расчет сметы затрат на разработку проекта

Для расчета сметы затрат на разработку проекта воспользуемся следующей формулой:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + K_{зн} + K_{со} + K_{пр} + K_{нр}$$

Где:

$K_{mat}$  – материальные затраты, руб.;

$K_{ам}$  – затраты на амортизацию, руб.;

$K_{зн}$  – затраты на заработанную плату, руб.;

$K_{со}$  – затраты на социальные отчисления, руб.;

$K_{пр}$  – прочие затраты, руб.;

$K_{нр}$  – накладные расходы, руб.

#### 5.3.1. Материальные затраты при проведении работы

В ходе работы были истрачены: бумага формата А-4, А-1 для принтеров, краска в принтере, канцелярские товары.

Материальные затраты примем в размере 2000 руб.

#### 5.3.2. Амортизация основных фондов и нематериальных актив

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные приведены в таблице

Таблица 21 – Расходные материалы [2], [3], [4]

Вид техники	Количество	Стоимость техникит, Цк.т.	Кам.
Компьютер, Принтер	1	33000 руб.	578,63 руб.

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.к.т.}}{T_{кал.дней}} \cdot Ц_{к.т.} \cdot \frac{1}{T_{ам}} \quad (67)$$

Где:

$T_{исп.к.т.}$  – время использования компьютера (дней);

$T_{кал.дней}$  – количество календарных дней;

$C_{к.т.}$  – стоимость техники;

$T_{ам}$  – 5 лет-норма амортизации.

$$K_{ам\ комп} = \frac{32}{365} \cdot 33000 \cdot \frac{1}{5} = 578,63 \text{ руб.}$$

### 5.3.3. Затраты на зарплату

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентам);
- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков (компенсация за неиспользованный отпуск);

Фактическая заработная плата рассчитывается по формуле

$$K_{факт. зп} = \frac{ЗП_{мес. пл.} \cdot n}{21} \quad (68)$$

Где:

21 – число рабочих дней в месяце;

$n$  – количество фактически затраченных дней;

для инженера  $n = 40$  дней, а для руководителя  $n = 2$  дней.

$K1$  – коэффициент, учитывающий отпуск, равен 1,1(10%);

$K2$  – районный коэффициент, равен 1,3(30%);

$ЗПо$  – оклад инженера, примем равным 17000 руб.,

$ЗРо$  – оклад руководителя, примем равным 26300 руб.

Зарплата инженера:

$$ЗП_{мес. пл. инж} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.},$$

Зарплата руководителя:

$$ЗП_{мес. пл. рук} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$

Расчет фактической заработной платы

$$K_{факт. зп. инж} = \frac{24310}{21} \cdot 40 = 46304,76 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{факт. зн. рук}} = \frac{37609}{21} \cdot 2 = 3581,81 \text{ руб.},$$

Затраты на заработную плату составят:

$$K_{\text{зн}} = K_{\text{факт. зн. инж}} + K_{\text{факт. зн. рук}} = 46304,76 + 3581,81 = 49886,57 \text{ руб.}$$

#### 5.3.4. Социальные отчисления

Отчисления на социальные нужды - обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «затраты на оплату профилактики труда» (30%)

$$K_{\text{соц}} = 30\% \cdot K_{\text{зн}}$$

$$K_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 49886,57 = 14965,97 \text{ руб.}$$

#### 5.3.5. Прочие затраты

К элементу «Прочие затраты» себестоимости продукции (работы, услуг) относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения; затраты на командировки; плата сторонним организациям за пожарную и сторожевую охрану; за подготовку кадров; оплата услуг связи, вычислительных центров, банков; плата за аренду; представительские расходы; затраты на ремонт.

Прочие затраты это 10% от суммы всех предыдущих затрат

$$K_{\text{пр}} = 10\% \cdot (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{зн}} + K_{\text{соц}})$$

$$K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (2000 + 578,63 + 49886,57 + 14965,97) = 6746,12 \text{ руб.}$$

#### 5.3.6. Накладные расходы

При выполнении проекта на число базе можно НИТПУ, в стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, система затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д.

Накладные зависимость расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{np} = 2 \cdot K_{\Sigma}$$

$$K_{np} = 2 \cdot 49886,57 = 99773,14 \text{ руб.}$$

Таким образом, суммарное количество вложений составили:

$$K_{np} = 2000 + 578,63 + 49886,57 + 14965,97 + 6746,12 + 99773,14 = 173950,43 \text{ руб.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 5 и находим капитальные вложения в проект:

Таблица 22 – Смета затрат на проектирование.

Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	2
Материальные затраты, $K_{mat}$	2000
Амортизация компьютерной техники, $K_{ам}$	578,63
Затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя, $K_z / пл$	49886,57
Затраты на социальные нужды, $K_{с.о}$	14965,9
Прочие затраты, $K_{пр}$	6746,12
Накладные расходы, $K_{накл}$	99773,14
<b>Итого, <math>K_{\Sigma}</math></b>	<b>173950,43</b>

#### 11.4 Оценка ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для двух исполнений. В первом варианте стоимость исполнения берем из расчетов, таблица 5, а во втором варианте принимаем стоимость исполнения равной 180000. Максимальное значение стоимость исполнения научно-исследовательского проекта – 200000.

$$I_{финр}^{исп.1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{173950,43}{200000} = 0,87$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{р2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{180000}{200000} = 0,9 ,$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где  $I_{\text{pi}}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5	5
3. Помехоустойчивость	0,05	4	4
4. Энергосбережение	0,2	5	4
5. Надежность	0,1	5	5
6. Материалоемкость	0,05	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{\text{p-исп1}} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 = 4,9 ;$$

$$I_{\text{p-исп2}} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 = 4,7 .$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{p-исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4,9}{0,87} = 5,63 ,$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{p-исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{4,7}{0,9} = 5,22 .$$

С целью определения наиболее целесообразного варианта из предложенных сравним интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки и определим сравнительную эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{5,63}{5,22} = 1,08.$$

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	0,9
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,9	4,7
3	Интегральный показатель эффективности	5,63	5,22
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,08	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является выполнение работы по первому исполнению.

Таким образом, данный проект получился экономически эффективным, так как при затратах около двухсот тысяч рублей позволяет предотвратить различные чрезвычайные ситуации. Тем самым в малые сроки выбрать оптимальную тактику борьбы с ними, что позволит предотвратить экологические и экономические потери.