

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

Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность
Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка проекта системы приточно-вытяжной вентиляции лабораторного комплекса ЮТИ ТПУ

УДК 697.921.4.001.6:378.662

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г30	Гавриленко Лилия Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Литовкин С.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭиАСУ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Луговцова Н.Ю.			

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. БЖДЭиФВ	Романенко В.О.	к.т.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
БЖДЭиФВ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественно-научные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
	Универсальные компетенции
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

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



Институт _____
 Направление подготовки _____
 Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой БЖДЭиФВ
 _____ В.М. Гришагин
 «__» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

--

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы)

Студенту:

Группа	ФИО

Тема работы:

--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентам выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <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 т. д.).</i></p>	
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки, техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования, содержание процедуры исследования,</i></p>	

проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	ФИО
Социальная ответственность	ФИО
Нормоконтроль	ФИО

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 14 рис., 12 табл., 50 источников, 5 прил.

Ключевые слова: ВЕНТИЛЯЦИЯ, СИСТЕМА, ВОЗДУХОВОД, МИКРОКЛИМАТ, ЮТИ ТПУ.

Объектом исследования является система вентиляции лабораторного комплекса ЮТИ ТПУ.

Цель работы – разработать проект системы приточно-вытяжной вентиляции лабораторного комплекса ЮТИ ТПУ.

В процессе исследования проводились замеры параметров действующей вентиляции, изучение нормативной документации по вентиляционным системам, микроклимату производственного помещения, методические рекомендации по проектированию вентиляционных систем.

В результате исследования были выявлены недостатки действующей вентиляции: недостаточная скорость забора воздуха в точке сваривания, недостаточная производительность вентиляции по воздухообмену. Была предложена новая система вентиляции.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: воздухообмен, скорость потока воздуха в воздуховоде, скорость потока воздуха в точке сварки.

Степень внедрения: полная или частичная.

Область применения: охрана труда.

Экономическая эффективность/значимость работы: высокая.

REFERAT

Auspuff arbeiten Qualifikation 97 S., 14 Abb., 12 Tab., 50 Quellen, von 5 Anh.

Stichworte: LÜFTUNG, SYSTEM, KANAL, MIKROKLIMA, YUTY TPU.

Gegenstand der Studie ist die Lüftungsanlage Laborkomplexes YUTY TPU.

Das Ziel der Arbeit – System, das Projekt zu entwickeln be-und Entlüftung Laborkomplexes YUTY TPU.

Im Laufe der Untersuchungen wurden Messungen der Parameter der bestehenden Lüftung, Studium der standarddokumentation für Abluftschlauch Systeme, Mikroklima des Produktionsraumes, метадиические рекомендауии zur Projektierung von Lüftungsanlagen.

Die Studie identifiziert die Mängel der geltenden Belüftung: der Mangel an Geschwindigkeit, Lufteintritt an der Stelle Schweißen, ungenügende Leistung der Lüftung für den Luftwechsel. Angeboten wurde eine neue Lüftungsanlage.

Grundlegende Konstruktive, technologische und betriebstechnische Eigenschaften: Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Luftkanal, die Luftgeschwindigkeit an der Stelle Schweißen.

Grad der Umsetzung: vollständige oder teilweise.

Anwendungsbereich: arbeitnehmerschutz.

Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit/Bedeutung der Arbeit: hoch.

Оглавление

			С.
1	Обзор литературы		8
	1.1	Атмосферный воздух	9
	1.2	Микроклимат на производстве	12
	1.2.1	Вредные и опасные примеси в воздухе	14
	1.2.2	Очистка воздуха от загрязнений	16
	1.2.3	Вредные и опасные факторы при работе со сварочными аппаратами.	20
	1.2.4	Металлургические печи. Их влияние на микроклимат	21
	1.2.5	Микроклимат на производстве	23
	1.3	Система вентиляции	25
	1.3.1	Естественная вентиляция	28
	1.3.2	Искусственная вентиляция	28
	1.3.3	Расчет искусственной вентиляции	30
	1.4	Система рекуперации тепла	34
	1.5	Вывод	36
2	Здание учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ		37
3	Расчет проекта системы вентиляции		43
	3.1	Выбор способа проветривания помещения	43
	3.2	Выбор вентиляционного режима	44
	3.3	Организация воздухообмена в помещении	45
	3.4	Разработка схемы вентиляции	47
	3.4.1	Расчет вентиляционной системы над сварочной зоной	47
	3.4.2	Расчет вентиляционной системы над зоной плазмореза	56
	3.4.3	Расчет вентиляционной системы над зоной печей	59
	3.4.4	Установка фильтрующего элемента	65
	3.4.5	Система рекуперации тепла	66
	3.5	Вывод	67
4	Краткое описание исходных характеристик объекта		70
	4.1	Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	72
5	Описание рабочего места		77
	5.1	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды	80
	5.2	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой среды	86
	5.3	Охрана окружающей среды	88
	5.5	Правовые вопросы обеспечения безопасности	89
	5.6	Заключение	
	Список используемых источников		94
	Приложение А. Проект системы вентиляции		97
	Приложение Б1. Расчетная схема 1		98
	Приложение Б2. Расчетная схема 2		99
	Приложение Б3. Расчетная схема 3		100
	Приложение В. Расчетная схема освещения		101

1 Обзор литературы

Трудовая деятельность людей, направленная на преобразование природного мира и создание материальных благ, осуществляется на рабочих местах в офисах и на производственных площадках. За это время на человека воздействуют такие вредные факторы, как пыль, загрязненный воздух, пониженная или повышенная температура окружающей среды. Но кроме вредного воздействия на человека так же есть факторы, которые негативно сказываются на производственные процессы и могут повлиять на здоровье человека.

Создание на рабочем месте комфортных условий труда делает процесс производства наиболее эффективным и производительным. Так же необходимо создавать и поддерживать комфортные и допустимые условия труда в производственных помещениях и на рабочих местах для предотвращения неблагоприятных воздействий микроклимата, поддержания нормального функционирования оборудования, а также самочувствие и здоровье человека. Требования к микроклимату на рабочем месте устанавливаются в соответствии с СанПиНом 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [1].

Для решения проблем поддержания благоприятного микроклимата на производстве используют системы приточно-вытяжной вентиляции. Вентиляция - обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги, вредных и других веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне при средней необеспеченности 400 ч/г – при круглосуточной работе и 300 ч/г – при односменной работе в дневное время [2]. Воздух в помещении является одним из важных факторов, который влияет на здоровье людей и тем самым характеризует их трудоспособность. Если система вентиляции действует в совокупности с другими климатическими системами, то в помещении

создается микроклимат, комфортный для выполнения заданных целей производства.

Микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды помещений, который определяется действующим на организм человека сочетанием температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температурой окружающих поверхностей [3]. То есть основными составляющими компонентами микроклимата являются показатели воздушной среды.

1.1 Атмосферный воздух

Окружающая среда – это совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов. В процессе ведения производственной, хозяйственной и других видов деятельности необходимо учитывать негативные воздействия этой деятельности на окружающую среду и как можно сильнее их минимизировать [4].

Атмосферный воздух – жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений [5]. Воздушные массы планеты делятся на атмосферный воздух, воздух жилых и производственных помещений. Все понятия тесно связаны и от состояния одного зависят (в какой-то мере) состояния других составляющих. Поэтому следует подвергать охране не только атмосферный воздух, но и воздух производственных и других помещений.

По строению атмосферный воздух достаточно сложен, так как имеет в своём составе множество примесей в незначительных количествах (менее 0,01 процента от общего объёма воздуха). Значимый объём занимают следующие компоненты:

- азот (78,08 %);

- кислород (20,95 %);
- аргон (0,93 %);
- углекислый газ (0,03 %).

Для наглядности на рисунке 1 показан состав атмосферного воздуха в зависимости от объема компонентов.

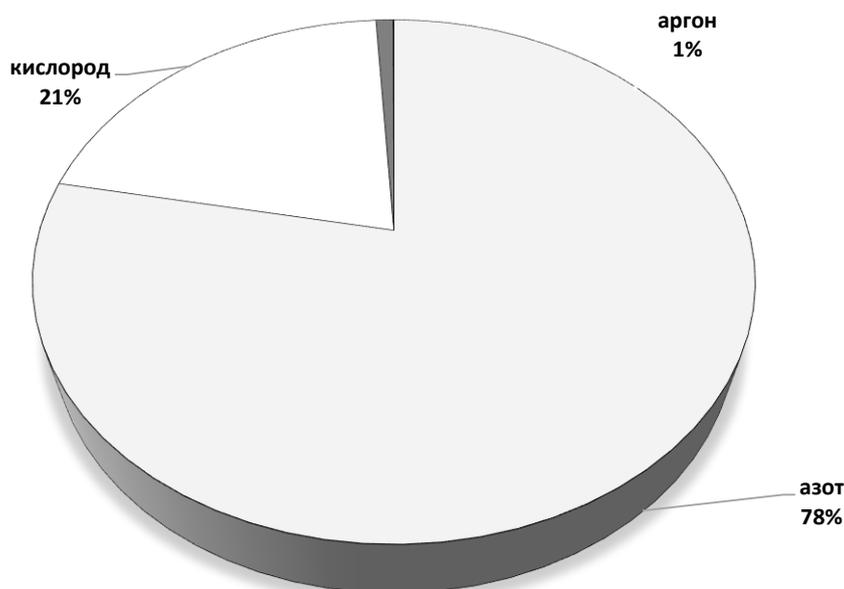


Рисунок 1 – Состав атмосферного воздуха

Если рассматривать состав воздуха по сухой составляющей (молекулярный вес воздуха), то общий молекулярный вес воздуха составляет 28,98 моль. Водяной пар в воздухе не имеет постоянной концентрации и может достигать значения до 3 % от общего объема воздушной массы [6].

Значение атмосферного воздуха в процессе жизненного процесса невозможно переоценить. Он играет большую роль в дыхательных процессах всех живых организмов. Например, растения в процессе своего жизненного цикла используют кислород, углекислый газ, водные пары и почвенный воздух. Все эти компоненты нужны для одного большого процесса дыхания. Так же растения являются источником кислорода, необходимого для жизнедеятельности организмов на Земле, и потребителем углекислого газа в процессе фотосинтеза. Так же воздух способствует протеканию микробиологических процессов, вследствие которых образуются необходимые

микроэлементы в почве, необходимые для роста растений (фосфор, азот, калий и другие) [7].

Животные не меньше растений нуждаются в воздухе. Возраст, пол, физическая активность напрямую связано с количеством и качеством потребляемого воздуха. Количество потребляемого кислорода у животных определяет окисление потребляемых веществ, что может привести к накоплению токсинов в организме. Так же количество кислорода в крови и тканях определяют частоту дыхания животного. Если уровень кислорода ниже нормы – дыхание учащается, ускоряется ток крови, снижаются окислительные процессы в организме: животное становится беспокойным. При длительной нехватке кислорода появляются признаки физической утомляемости, понижение температуры тела и даже смертельный исход [7].

В жизни человека воздух играет не менее важную роль. Кровь разносит кислород по всем клеткам тела человека, тем самым насыщая его и давая ему энергию. В воздухе происходит теплообмен тела человека с окружающей средой путем конвекции. Недостаток кислорода может вызвать учащение пульса и дыхания, но и перенасыщение организма кислородом не желательно: возникают головные боли и шум в ушах. Если человек редко выходит на свежий воздух, много времени проводит в местах с плохой очисткой воздуха или страдает кислородной недостаточностью, это приводит к различным отравлениям, которые перерастают в заболевания [7].

Рассматривая действия воздуха на живые организмы нельзя не рассмотреть его физические свойства. Воздух обладает рядом свойств, которые широко используется человеком в своей деятельности. Всем известно, что воздух не имеет цвета и запаха, прозрачен и обладает плохой теплопроводимостью. Но помимо этого воздух так же хорошо проводит солнечные лучи, обеспечивая тепло на поверхности Земли; занимает определенное пространство, сжимается и имеет упругость, имеет вес и объем. Зная эти свойства, люди придумали множество полезных изобретений, которые помогают ему в жизни.

Основными физическими параметрами воздуха являются:

- температура;
- барометрическое давление;
- относительная влажность;
- плотность.

Данные физические пределы изменяются в широких пределах, поэтому необходимо проводить замеры расхода воздуха и плотность к допустимым значениям.

Допустимые значения физических показателей воздуха указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые значения физических показателей воздуха

Наименование величины	Размерность	Жилые здания		Общественные здания		Производственные помещения	
		Холодное время года	Теплое время года	Холодное время года	Теплое время года	Холодное время года	Теплое время года
Температура воздуха	°С	18-24	20-28	18-24	18-28	16-24	18-25
Результирующая температура	°С	17-23	18-27	17-23	19-27	15-25	17-26
Относительная влажность	%	<60	<65	<60	<65	60-40	60-40
Скорость движения воздуха	м/с	<0,2	<0,3	<0,3	<0,5	0,1-0,3	0,1-0,3

1.2 Микроклимат на производстве

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения [8]. Микроклимат на производстве играет огромную роль: от него зависит самочувствие работников и их производительность. Показатели микроклимата должны обеспечивать

сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Оптимальные микроклиматические условия – сочетание количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального теплового состояния организма человека без напряжения механизмов терморегуляции [8]. Оптимальные микроклиматические условия устанавливаются по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека [1]. Данные условия необходимы на рабочих местах операторского типа, где наиболее сильное нервно-эмоциональное напряжение работника, и желательны для всех остальных рабочих зон.

Допустимые микроклиматические условия – сочетание количественных показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать проходящие и быстро нормализующиеся изменения теплового состояния организма, сопровождающиеся напряжением механизмов терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей человека [8]. Допустимые микроклиматические условия устанавливаются по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период восьмичасовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений здоровья работника, но могут приводить к чувству теплового дискомфорта, более быстрой утомляемости и ухудшению самочувствия работника в процессе трудовой деятельности [1].

Не имея возможности повлиять на климатообразующие процессы в атмосфере, человек располагает качественными системами управления факторами воздушной среды внутри производственных помещений. Человек может контролировать показатели микроклимата в помещении, исходя из своих предпочтений. Система отопления делает воздух в помещении более теплым, кондиционирование – более прохладным, вентиляция – более чистым и т. д.

Наиболее необходимы такие системы в зданиях производств, которые предполагают поступление примесей в воздух в процессе работы. Примерами таких видов деятельности являются:

- сварочное производство;
- химические лаборатории;
- металлургическое производство;
- производство микроэлектроники и др.

1.2.1 Вредные и опасные примеси в воздухе

При работе в помещениях избежать попадания в воздух каких-либо примесей практически невозможно. В малых количествах влияние этих примесей практически не происходит, однако при повышенной концентрации в воздухе, эти вещества могут становиться вредными, или даже опасными.

Вредным называется вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдельные сроки жизни настоящего или бедующего поколения [9].

Правила безопасности (пожарной безопасности) требуют, чтобы содержание примесей не превышало предельно допустимых концентраций и нижних концентрационных пределов взрываемости [6].

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й класс – вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – вещества высоко опасные;
- 3-й класс – вещества умеренно опасные;
- 4-й класс – вещества малоопасные [9].

Нормы для классов опасности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Класс опасности вредных веществ в зависимости от норм

Наименование показателя	Нормы для класса опасности			
	1-й класс	2-й класс	3-й класс	4-й класс
Предельно-допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Более 10,0
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5001-50000	Более 50000
Коэффициент возможного ингаляционного отравления	Более 300	30-300	3-29	Менее 3

Основным средством нормализации воздуха помещений и защиты здоровья людей является вентиляция. В России существует система норм и правил при проектировании производственной вентиляции, основными из которых являются:

- СНиП 3.05.01-85 Внутренние санитарно-технические системы зданий;
- МУ 4425-87 Санитарно-гигиенический контроль систем вентиляций производственных помещений;
- ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- ГОСТ 21.602-2003 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования;
- ГОСТ Р ИСО 9169-2006 Качество воздуха. Определение характеристик методик выполнения измерений;
- ГОСТ 31350-2007 Вибрация. Вентиляторы промышленные. Требования к производимой вибрации и качеству балансировки;
- ГОСТ Р ЕН 13779-2007 Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования;
- ГОСТ Р 51364-99 Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия;

- ГОСТ Р 51125-98 Оборудование бытовое для кондиционирования и очистки воздуха. Требования безопасности и методы испытаний;
- ГОСТ 30528-97 Системы вентиляционные. Фильтры воздушные. Типы и основные параметры;
- ГОСТ Р 51251-99 Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка;
- ГОСТ 22270-76 Оборудование для кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления. Термины и определения;
- ГОСТ 25199-82 Оборудование пылеулавливающее. Термины и определения;
- ГОСТ 21.602-79. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи.

1.2.2 Очистка воздуха от загрязнений

Чтобы не допустить загрязнения атмосферного воздуха на прилегающей территории предприятия и близлежащих жилых кварталов необходимо производить очистку отработанного воздуха. Для технологических и вентиляционных выбросов она производится в аппаратах следующих типов:

- механические сухие пылеуловители;
- мокрые пылеуловители;
- фильтры;
- электрофильтры;
- комбинированные пылеуловители [10].

Выбор пылеуловителя производится в зависимости от характера пыли, ее ценности и необходимой степени очистки.

Сухие пылеуловители бывают двух видов: гравитационные и инерционные. К гравитационным пылеуловителям относят пылесадочные камеры. Их действие заключается в том, что скорость потока запыленного воздуха, поступающего в камеру, уменьшается, в следствии чего находящиеся в

нем твердые частицы осаждаются под действием собственного веса. В целях повышения эффективности внутри камеры устраивают лабиринты, что делает данные устройства довольно громоздкими. Эффективность очистки в гравитационных пылеуловителях не превышает 60 % [11].

К инерционным пылеуловителям относят циклоны, струйные ротационные пылеуловители и другие. Циклоны представляют собой аппараты, в которых улавливание пыли происходит в результате инерционной сепарации (рис. 2).

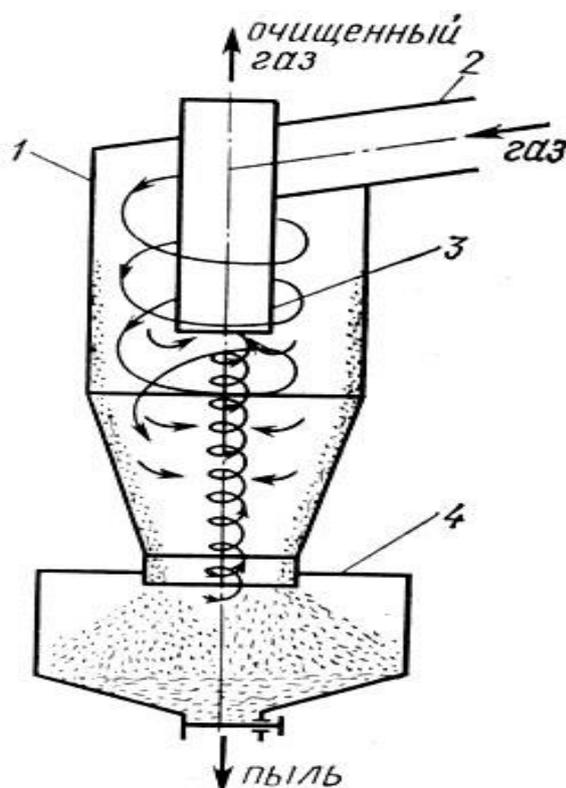


Рисунок 2 – Схема циклона:

1 – входной патрубок, 2 – цилиндрическая часть, 3 – коническая часть, 4 – выходной патрубок очищенных газов.

Очищаемый воздух поступает в цилиндрическую часть 2 через входной патрубок 1 и вращаясь опускается в коническую часть 3, после чего, так же вращаясь поднимается и выходит через выходной патрубок 4. При этом в вихревом течении циклона постоянно происходит изменение направления скорости потока, в следствии чего происходит несовпадение скорости взвешенных частиц пыли со скоростью потока. Возникает аэродинамическая

сила, которая искривляет траекторию частиц, которые при достижении стенок циклона сепарируются из потока и под действием силы тяжести опускаются в коническую часть и попадают в присоединенный к ней бункер для сбора пыли [12].

Ротационные пылеуловители представляют собой вентилятор, который перемещает воздух и одновременно с этим очищает его от пыли за счет действия центробежных сил (рис. 3).

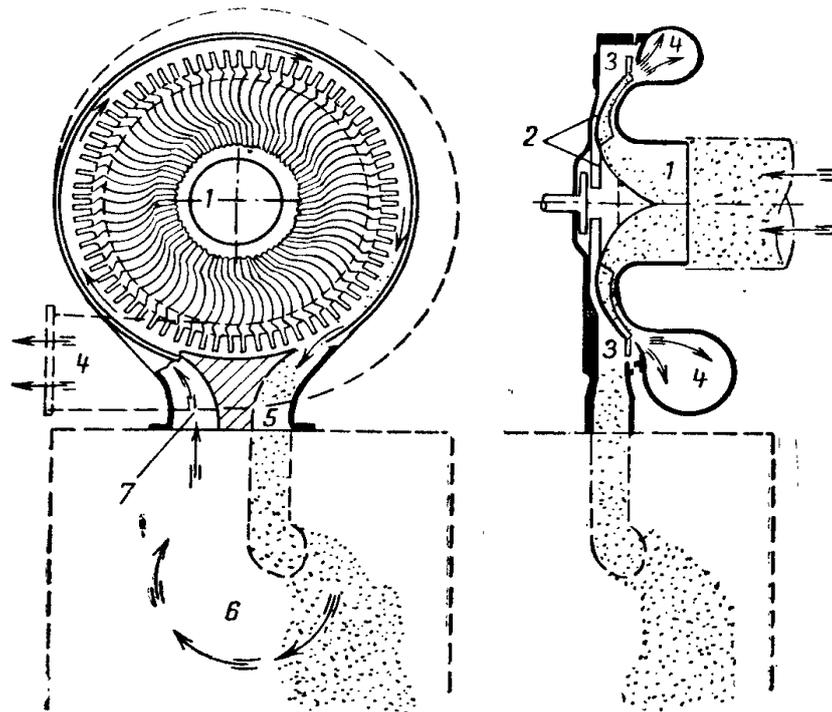


Рисунок 3 – Ротационный пылеуловитель:

1 – всасывающее отверстие, 2 – рабочее колесо, 3 – пылеприемник, 4 – кожух с выхлопным отверстием, 5 – пылесборный патрубок, 6 – бункер для пыли, 7 – отверстие для выхода очищенного воздуха.

Запыленный воздух поступает через всасывающее отверстие 1. При вращении центробежного колеса 2 воздух движется по межлопаточным каналам 3 и под действием сил инерции и Кориолиса пыль прижимается к поверхности диска колеса 2. Пыль поступает через зазор между корпусом и диском колеса в кольцеобразный приемник, откуда через патрубок 5 направляется в бункер 6 и оседает. Очищенный воздух поступает в улитку кожуха и через нагнетательное отверстие 7 покидает устройство.

Эффективность работы ротационного пылеуловителя зависит от размера частиц пыли и достигает 95 % при диаметре частицы от 20 мкм [13].

Мокрые пылеуловители делятся на инерционные и пенные. К инерционным мокрым пылеуловителям относят центробежные скрубберы, циклоны-промыватели, пылеуловители Вентури и другие [10].

Пенные газоочистители применяют для очистки газов с температурой до 100 °С, которые не образуют в процессе промывки водой кристаллизующихся солей, способных отложиться на поверхности аппарата. Очищаемые газы должны иметь плотность загрязнения не менее 0,6 кг/м³ и высокую запыленность. Степень очищения от крупных частиц достигает 96 %, от более мелких – до 80 % [11].

Применение тканевых пылеуловителей дает до 99 % эффективности очистки. При пропускании запыленного воздуха через ткань пыль задерживается в порах фильтра. Такие пылеуловители делают в рукавном или рамочном исполнении. В качестве фильтра используют капрон, шерсть, лавсан, нитрон, хлопчатобумажные ткани, стеклоткань и различного вида сетки. Больше распространение получили рукавные тканевые пылеуловители (рис.4).

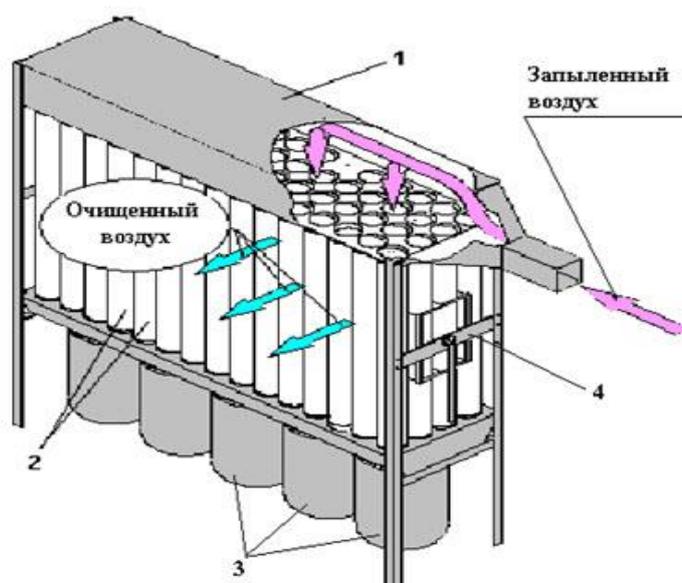


Рисунок 4 – Рукавный тканевый пылеуловитель:

1 – распределительная камера, 2 – фильтрующий элемент, 3 – накопители, 4 – рама регенерации фильтров.

Загрязненный воздух подается к входному фланцу распределительной камеры бункера 1, откуда выходит на рукава с фильтрами 2. Проходя через ткань, воздух очищается от пыли, которая осаждается в накопителе 3. Очищенный воздух поступает в межрукавное пространство и выводится наружу. Очистка такого фильтра происходит через замену рукавов 4 [11].

Электрические пылеуловители очищают воздух за счет осаждения частиц пыли под действием предварительного заряда последних. Заряженные частицы осаждаются на электродах в электрическом поле.

Воздушные фильтры делят на три класса.

Фильтры I класса задерживают частицы любого размера в результате диффузии и соприкосновения, а крупные – за счет их сцепления с волокнами фильтра. Фильтры II класса задерживают частицы более 1 мкм в результате механического зацепления и инерции. Очистка от частиц с диаметром более 5 мкм и менее 1 мкм производится малоэффективно. Фильтры III класса задерживают частицы от 10 до 50 мкм; за счет более толстого волокна заполнения фильтра задержание частиц происходит под действием инерции.

1.2.3 Вредные и опасные факторы при работе со сварочными аппаратами.

Во время сварочных работ в атмосферу попадает огромное количество вредных веществ, которые в больших концентрациях могут привести к возникновению и развитию профессиональных, хронических и даже онкологических заболеваний. Вредными факторами при проведении сварочных работ являются шум, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, а также сварочные аэрозоли.

Уровень шума при сварочных работах зависит от режима сварки. Так, при механизированной сварке в углекислом газе при изменении силы тока 200450 А уровень шума возрастает от 86 до 97 дБА, а при сварке в аргоне

увеличение тока от 150 до 500 А приводит к росту интенсивности шума от 90 до 150 дБА, т.е. на отдельных режимах превышает норму [14].

Все виды сварки открытой дугой (кроме случаев сварки флюсом) являются источником видимого излучения, искр и брызг расплавленного материала. Также все процессы сварки сопровождаются проявлением ультрафиолетового и инфракрасного излучения от дуги и материала.

Основным и наиболее опасным источником возникновения заболеваний как для человека, непосредственно работающего на сварочном аппарате, так и для окружающих его людей является сварочный аэрозоль. Они являются возбудителями бронхолегочных заболеваний. Через 5 лет работы в помещениях, где скапливается сварочный аэрозоль, наблюдается развитие хронического бронхита, а через 15 лет – пневмокониоз [14].

Сварочная пыль состоит из мелких частиц размером 15 мкм на 99 %. Частицы, крупнее 5 мкм составляют всего 1 % от общего объема выделяемой сварочной пыли при работах. Химический состав данной смеси в первую очередь зависит от состава сварочных материалов, и только потом – от свариваемых материалов. В их состав входят соединения хрома, марганца, фториды и др [15].

В документе СН 245-71 установлена ПДК для содержания сварочной аэрозоли в воздухе рабочей зоны, которая равна 4 мг/м³ [16].

1.2.4 Metallurgical furnaces. Their influence on microclimate

Для получения идеального состава материала делают сплавы из различных металлов, для чего используются специальные установки – печи металлургического производства.

Промышленная печь – устройство для тепловой обработки материала. На данный момент существует два вида промышленных печей – пламенные и электрические [17].

В сравнении с пламенными печами электрические печи имеют большие преимущества.

При протекании тока по проводнику происходит его нагревания. Если объект нагревания и есть проводник – то такой нагрев называется прямым, а в случае передачи этого тепла на объект нагрева он называется косвенным. Такой способ нагрева широко используется в печах сопротивления, бытовых приборах и установках контактного инфракрасного нагрева[18].

Наиболее энергоемкими являются печи сопротивления. Мощность их составляет от нескольких сотен до нескольких тысяч киловатт. Такие установки применяют для термической обработки и деформации металла, а также для его плавки и сушки.

Устройство печи косвенного нагрева показано на рисунке 5.

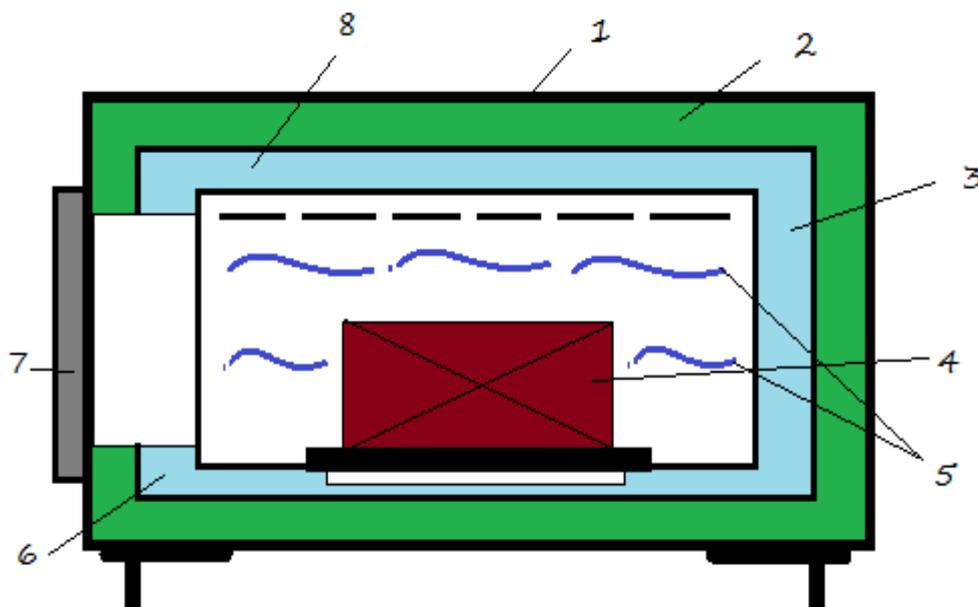


Рисунок 5 – электрическая печь косвенного нагрева:

1 – кожух, 2 – огнеупорный материал, 3 – теплоизоляционный материал, 4 – изделие, 5 – нагревательные элементы, 6 – пол печи, 7 – дверца, 8 – свод.

Печи косвенного нагрева имеют кожух 1, который принимает на себя механические нагрузки. Кожух со всех сторон обложен теплоизоляционным 3 и огнеупорным 2 материалом, которые образуют собой стены, свод 8 и пол 6 печи. К поверхности стен, свода и пола с помощью специальных армирующих

материалов присоединены нагревательные элементы 5, которые воздействуют теплом на изделие 4. Для загрузки и выгрузки изделий из печи имеется специальное отверстие, плотно закрывающиеся дверцей 7 [18].

1.2.5 Микроклимат на производстве

От микроклимата на производстве во многом зависит работоспособность и утомляемость человека. Нормальное протекание жизнедеятельности организма может быть только при сохранении температурного гомеостаза организма. И микроклимат помещения, в котором находится человек, оказывает влияние на его протекание. Таким образом, можно рассматривать три вида воздействия микроклимата на температурный баланс человека: нейтральное, нагревающее, охлаждающее. Нейтральный микроклимат по воздействию на человека обеспечивает нормальный тепловой баланс человека [19].

Охлаждающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата, при котором имеет место изменение теплообмена организма, приводящее к образованию общего или локального дефицита тепла в организме ($0,87$ кДж/кг) в результате снижения температуры глубоких и поверхностных слоев тканей организма [20]. Если такое воздействие окажется достаточно длительным, то возможны проявления таких последствий, как заболевания органов дыхания или сердечно-сосудистой системы, вероятность тромбообразования, а также становится причиной травматизма на производстве [3].

Нагревающий микроклимат – сочетание параметров микроклимата (температура воздуха, влажность, скорость его движения, относительная влажность, тепловое излучение), при котором имеет место нарушение теплообмена человека с окружающей средой [20]. При воздействии нагревающего микроклимата на организм человека может произойти нарушение терморегуляции организма, что ведет за собой перегрев организма. Результатом такого воздействия становится тепловой удар и обезвоживание.

Так же не исключены риски заболевания сердечно-сосудистых систем и системы пищеварения [3].

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения [1].

Оптимальный микроклимат в производственных помещениях устанавливается исходя из условий класса труда и времени года, в которое проводится работы. Оптимальные показатели микроклимата представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб(140-174)	21-23	20-24		0,2
	IIa(175-232)	19-21	18-22		
	IIб(233-290)	17-19	16-20		
	III(более 290)	16-18	15-19		
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб(140-174)	22-24	21-25		0,2
	IIa(175-232)	20-22	19-23		
	IIб(233-290)	19-21	18-22		
	III(более 290)	18-20	17-21		

Для регулирования вопросов по установке нормального микроклимата на производстве пользуются следующими нормативными документами:

- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

- Р 2.2.755-99 Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды;

- ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

- МР №5168-90 Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и нагревания

- ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

- СП 131.13330.2012 Строительная климатология;

- ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях;

- ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях;

- СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование;

- СНиП 2.08.01-89 Жилые здания;

- СанПиН 2.1.2.1002-00 Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям.

1.3 Система вентиляции

Чистый воздух в помещении – важная составляющая комфортного микроклимата. Если в помещении долгое время застаивается воздух, это приводит к общему ухудшению состояния человека. Скопление пыли, вредных и опасных веществ может привести к серьезному ухудшению здоровья и вызвать хронические или профессиональные заболевания.

На важность чистого воздуха в помещении обратили внимание еще в древние времена. Древние египтяне заметили, что резчики по камню в закрытых помещениях страдают различными заболеваниями, вызванными

вдыханием пыли, намного чаще, чем те, кто работает на открытом воздухе. Этот факт побудил строить дома, в которых освещение, а заодно и вентиляция, происходили через узкие вертикальные отверстия (бойницы). Отверстия проходили от пола до потолка, благодаря чему можно было добиться хорошего обмена воздуха в помещении без сквозняков [20].

Древние римляне придумали более сложную систему. В банях вельмож конструировалась централизованная система отопления, оснащенная сетью воздуховодов, пропущенных под полом [21].

В средние века люди поняли, что многие болезни передаются от человека к человеку воздушно-капельным путем, а также остро стояла проблема отравления угарным газом из камина, которые были практически в каждом доме того времени. Частично проблема была решена указом английского короля Чарльза 1, который запретил строить дома с высотой потолков менее трех метров. Так же были изменены стандарты на высоту окон. Их высота должна была быть больше ширины [21].

В XVII веке ученые проводили опыты с животными, целью которых было изучение состава воздуха в момент возгорания. Подопытных мышей сажали в колбы с зажженной свечей. Животные практически умирали от удушья. В этот момент свечи гасили и часть мышей выживала. Был сделан вывод, что при горении выделяется какое-то вещество, приводящее к удушью и даже к смерти. Во второй половине XVIII века француз Лавуазье выяснил, что это вещество является углекислым газом. Он сделал вывод, что люди задыхаются вовсе не от нехватки кислорода в воздухе, а из-за повышенной концентрации этого самого газа [22].

Долгое время шел спор между инженерами-проектировщиками и медиками по поводу главной роли вентиляции. Первые считали, что она должна устранять неприятные запахи в помещениях, вторые – удалять вредные вещества и создавать обмен воздуха, чтобы человек себя комфортно чувствовал [21].

В 1836 году горными инженерами впервые была рекомендована норма по воздухообмену, равная $7,5 \text{ м}^3$ свободного пространства на одного человека. Но через пару лет медики увеличили эту цифру до 50 м^3 , обосновав это тем, что в больницах слишком быстро распространяются заболевания.

Для перехода от естественной к искусственной вентиляции человечеству был необходим какой-то возбудитель, который помогал бы осуществлять приток свежего воздуха вне зависимости от скорости его движения вне помещения. Для этого используется вентилятор.

Предшественником этого изобретения был веер. Первые веера находят в гробницах фараонов и знатных людей древности. Веер – это небольшое, обыкновенно складное оказало для навивания на себя прохлады [20]. Одним из разновидностей веера и более приближенного к вентилятору предка было приспособление под названием пунках. В начале XVI века вельможи ближнего востока подвешивали себе к потолку деревянную раму, обтянутую холстом. Слуги раскачивали это приспособление, чтобы дуновения воздуха освежало людей, находившихся под ним [23].

В 1830 году американец Джеймс Барон получил патент на опахало, проводимое в движение механизмом возвратно-поступательного движения. Данное изобретение работало до тех пор, пока предварительно поднятия гиря не опускалась до пола. Впоследствии чтобы вновь завести механизм приходилось вновь поднимать гирю на нужную высоту [23].

Первый вентилятор, работающий от электроэнергии, был изобретён Томасом Эдисоном в конце XIX века. В 1882 году Ф. Диль создал потолочный вентилятор. Компанией, которая впервые начала выпускать электрические вентиляторы в промышленных масштабах, стала американская компания «Grocke & Curtis». Именно она выдвинула внешний вид настольного вентилятора, который не менялся до сих пор [23].

1.3.1 Естественная вентиляция

Как было сказано выше, с древних времен люди для вентиляции своих помещений использовали окна и отверстия в стенах, тем самым создавая приток чистого воздуха за счет разности температур и давления снаружи и внутри здания. Такие способы являлись естественной вентиляцией.

Естественная вентиляция делится на два подвида: неорганизованная (происходит за счет разности давлений и действия ветра через неуплотненные участки конструкций, а также при открывании дверей и окон) и организованная (происходит за счет разности давлений через специальные приточные и вытяжные проемы, степень открывания которых регулируется) [24].

В наше время естественная вентиляция имеет широкое распространение в жилых домах. За время развития естественных систем вентиляции были выдвинуты стандарты и правила, которые четко ставят требования к данному виду вентиляции.

1.3.2 Искусственная вентиляция

При всех достоинствах естественной вентиляции она не способна осуществляться или малоэффективна при небольших показателях разницы давлений внутри и снаружи здания, скорости перемещения воздушных масс. В случае отсутствия благоприятных условий для осуществления естественной вентиляции или для применения в помещениях с большой площадью применяются специальные нагнетатели воздуха (вентиляторы). Такая система называется механической, или искусственной системой вентиляции. Искусственная вентиляция применяется главным образом в общественных и промышленных зданиях, где существует постоянная необходимость воздухообмена. В зависимости от состава системы, направлению действия и зоны обслуживания вентиляция может быть:

- приточная или вытяжная;

- моноблочная или наборная;
- общеобменная или местная [25].

На рисунке 6 представлена общеобменная приточно-вытяжная система вентиляции общественного здания. Принцип работы заключается в следующем:

Воздух снаружи помещения поступает в приточную шахту 2, которая должна размещаться вместе с наиболее чистым воздухом на некотором удалении от здания. Если воздух недостаточно чистый или требуется его подогрев и увлажнение, он поступает в нижний этаж здания 10, где производится его обработка. Обработанный воздух нагнетается в приточные каналы 6 с помощью вентилятора 3 и через отверстия 7 в этих каналах подается в верхнюю часть помещения. Загрязненный воздух из помещений выводится так же при помощи вентилятора через отверстия в вытяжные каналы 6, соединяющиеся в воздуховод 11 на чердаке. В воздуховоде идет удаление загрязненного воздуха по средствам вертикальной шахты и выбрасывается в атмосферу через выводную трубу 9 на крыше [26]

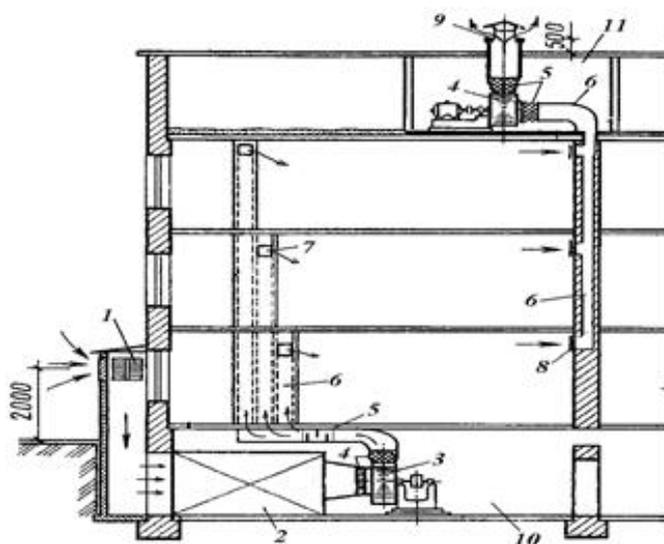


Рисунок 6 – Вентиляция помещений с использованием приточной и вытяжной общеобменных систем механической вентиляции:

- 2 – воздухозаборное устройство, 2 – приточная камера, 3 – вентилятор, 4 – гибкие вставки, 5 – шумоглушитель, 6 – канал, 7 – воздухораспределительное устройство, 8 – воздухоприемное устройство, 9 – вентиляционный выброс, 10 – подвал, 11 – вытяжная камера.

1.3.3 Расчет искусственной системы вентиляции

Для расчета искусственной вентиляции необходимо:

1. Намечить наиболее протяженный путь воздуха из последовательно соединенных участков сети воздухопроводов, где будут максимальные потери давления.

2. Принять допустимые максимальные и минимальные скорости движения воздуха в воздухопроводе сети. Максимальная скорость воздуха в магистралях принимается в соответствии с таблицей 4, в ответвлениях скорость воздуха должна быть меньше, чем в магистралях.

Таблица 4 – Скорость движения воздуха, допускаемые в воздухопроводах приточных и вытяжных систем при механическом побуждении [27]

Элемент системы	Скорость, м/с
Магистральные воздухопроводы в производственных зданиях	До 12
Ответвления в производственных зданиях	До 6
Магистральные воздухопроводы в общественных и вспомогательных зданиях	До 8
Ответвления в производственных и вспомогательных зданиях	До 5

3. Произвести расчет поперечного сечения воздухопроводов F всех участков сети по формуле 1.

$$F_c = L/V, \text{ м}^2. \quad (1)$$

где L – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

V – скорость движения воздуха, $\text{м}/\text{с}$.

4. Определить диаметр трубопроводов. При круглом поперечном сечении трубопровода диаметр можно определить по формулам:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = 1,13\sqrt{F} \quad (2)$$

$$d = 1,13\sqrt{\frac{L}{V}} \quad (3)$$

Для квадратных или прямоугольных трубопроводов определяют эквивалентный диаметр по формуле 4:

$$d_3 = \frac{2a \cdot b}{a + b} \quad (4)$$

где a и b – размеры сторон поперечного сечения трубопровода.

5. Определить фактическую скорость воздуха V на каждом участке воздухопровода по формуле:

$$V = \frac{L}{F_c} \quad (5)$$

6. Вычислить давление воздуха на каждом участке по формуле 6:

$$P = \left(l \frac{\lambda}{d} + \sum \xi \right) \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (6)$$

где l – длина участка, м;

λ/d – условный коэффициент трения, m^{-1} ;

ξ – коэффициент местного сопротивления;

ρ – плотность воздуха, kg/m^3 .

7. Рассчитать увязку ответвлений. Так как сложные разветвления сети образуются из последовательно или параллельно соединенных ветвей, при их аэродинамическом расчете потери давления оно может не совпадать с давлением в узле, к которому они примыкают. Это может повлечь за собой перераспределение расхода воздуха в вентиляционной системе. Чтобы сохранить принятые расходы воздуха, необходима увязка ответвлений [27].

Потери давления на преодоление сопротивления трению в воздуховоде рассчитывают по формуле:

$$P = l \frac{\lambda}{d} \frac{\rho}{2} V^2 = l \frac{\lambda}{d} \frac{\rho}{2} \left(\frac{4L}{\pi d^2} \right)^2 = l \frac{\lambda}{d} \frac{\rho}{2} \frac{16L^2}{\pi^2 d^4} = 0,975 l \frac{\lambda}{d^5} L^2. \quad (7)$$

При сохранении принятого расхода воздуха и длины ответвлений находят новый диаметр воздухопроводов исходя из соотношения:

$$\frac{P}{P_1} = \frac{\lambda/d^5}{\lambda_1/d_1^5} \cong \left(\frac{d_1}{d} \right)^5 \quad (8)$$

которое можно привести к виду:

$$d = d_1 \left(\frac{P_1}{P} \right)^{1/5}, \quad 9)$$

где d – необходимый диаметр ответвления, м²;

d_1 - расчетный диаметр ответвления, м²;

P - потери давления в магистрали до узла, Па;

P_1 - расчетные потери давления ответвления, Па.

При расчете может понадобиться рассчитывать не только простые, но и сложные ответвления, состоящие из нескольких участков. В этом случае вначале просчитывают магистрали сложных ответвлений и, если суммарные потери давления не будут соответствовать давлению в узле, то все участки ответвления пересчитываются обратно пропорционально отношению давлений в степени 0,2 в соответствии с формулой 9. Затем по значениям пересчитанных давлений ответвления увязывают обычным способом по той же методике [27].

Для выбора вентилятора необходимо на характеристике последнего нанести характеристику сети в тех же координатах и в том же масштабе. Характеристики вентиляторов представлены в справочной литературе [28, 29]. Характеристику сети строят исходя из ее аэродинамического сопротивления [27].

В соответствии с законом сопротивления при турбулентном режиме движения воздуха аэродинамическое сопротивление сети находится по следующей формуле:

$$R_c = \frac{P}{L^2}, \quad (10)$$

где P – полная потеря давления сети на преодоление сопротивления трению и местных сопротивлений, Н/м²;

L – расход воздуха в сети, м³/с;

R_c – коэффициент, характеризующий геометрию и аэродинамику сети.

Чтобы определить коэффициент R_c , необходимо определить расчетную производительность вентилятора (формула 11) и расчетное давление вентилятора (формула 12, 13).

$$L_{в.р} = L_c, \quad (11)$$

$$P_{в.р} = R_c \cdot K_3^2 \cdot L_c^2, \quad (12)$$

где K_3 – коэффициент запаса по производительности (1,1-1,2),

$$P_{в.р} = R_c \cdot L_{в.р}^2. \quad (13)$$

При нахождении режима работы вентилятора методом наложения характеристик необходимо определить следующие параметры: производительность, давление, КПД вентилятора, угловая скорость, окружная скорость ротора вентилятора.

Мощность, передаваемая воздушному потоку вентилятора, определяется по формуле

$$N_{п} = \frac{L_{в} P_{в}}{3600}, \text{ Вт}. \quad (14)$$

Мощность электродвигателя для вентилятора

$$N_{эд} = \frac{L_{в} P_{в} K_3 \cdot 10^{-3}}{3600 \eta_{в} \eta_{п} \eta_{дв}}, \text{ кВт}, \quad (15)$$

где $L_{в}$ – производительность вентилятора, м³/ч;

$P_{в}$ – развиваемое давление, Н/м²;

K_3 – коэффициент запаса;

$\eta_{в}$ – КПД вентилятора;

$\eta_{п}$ – КПД передачи: клиноременной принимается равным 0,95, при соединении двигателя и ротора вентилятора по типу «вал – вал» $\eta_{п} = 1,0$;

$\eta_{дв}$ – КПД двигателя, $\eta_{дв} \approx 0,95$.

Выбор вентилятора и электродвигателя производится с учетом требований строительных норм и правил, защиты от шума, норм пожарной безопасности и электробезопасности.

1.4 Система рекуперации тепла.

Рекуперация тепла в системах вентиляции является достаточно новой технологией. В ее основе лежит возможность обогревать помещение за счет удаляемого при вентиляции тепла [28].

Под рекуперацией тепла понимают его сохранение. Выходящий поток воздуха меняет температуру подаваемого воздуха приточно-вытяжной установки. Конструкция рекуператора предполагает собой разделение воздушных потоков для предотвращения их смешивания. По сути, рекуператор воздуха – это устройство, которое обеспечивает утилизацию тепла отводимых газов. Сквозь перегородку происходит теплообмен воздушных потоков, но при этом их направление не меняется [29].

Вентиляционная система с рекуперацией тепла способна выдавать большой КПД (до 90 %), который зависит от типа рекуперативного узла, скорости движения воздушных потоков и разницы температуры внутри и снаружи помещения. Недостатком такой технологии является снижение эффективности работы на больших площадях [28].

Наибольшую популярность имеют системы вентилирования с централизованными теплообменниками. Не менее популярны и некоторые другие теплообменники, например:

- пластинчатые;
- роторные;
- камерные;
- с промежуточным теплоносителем и др.

Теплообменники пластичного типа являются наиболее простыми конструкциями для систем вентиляции (рис. 7). Он имеет вид камеры, которая поделена на отдельные каналы параллельно друг другу. Между этими каналами имеется тонкая перегородка, имеющая высокие теплопроводные свойства [30].

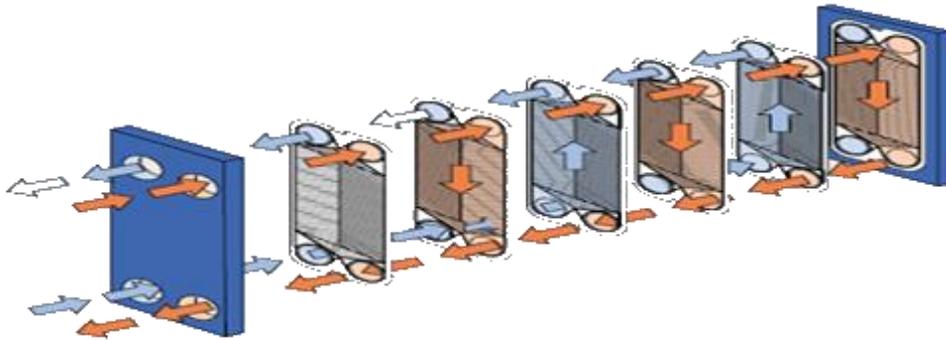


Рисунок 7 – Схема теплообменника пластинчатого типа

Преимуществами данного типа теплообменника являются простота настройки, отсутствие движущихся деталей и большая эффективность. Недостаток пластинчатых теплообменников – образование конденсата внутри устройства.

Теплообменники роторного типа имеет очень высокую эффективность работы (возвращает в помещение до 80 % отобранного тепла). Главную роль на себя берет ротор, который располагается между воздуховодными каналами и нагревает воздух по средствам постоянного вращения (рис. 8). Существенным недостатком такого устройства является неполноценность работы в отношении пыли и неприятных запахов. В не плотностях между ротором и корпусом потоки воздуха могут периодически смешиваться и все загрязнения могут вновь попасть внутрь помещения [30].

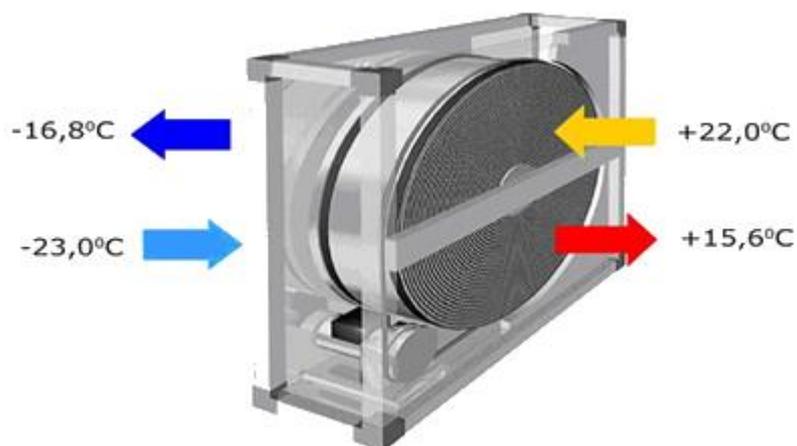


Рисунок 8 – Принцип работы роторного теплообменника

В теплообменниках камерного типа воздушные потоки разделены непосредственно самой камерой. Обмен тепла происходит благодаря заслонке, которая меняет направление потоков воздуха. Недостатком системы является наличие подвижных деталей внутри устройства, из плюсов – высокая производительность [30].

1.5 Вывод

Система вентиляции необходима человеку в первую очередь для поддержания комфортного микроклимата в помещении. Она способна не только удалить загрязнения в воздухе, но также при соответствующем оборудовании поддерживать заданный уровень влажности и температуры воздуха, что крайне важно. От состояния микроклимата в помещении напрямую зависит работоспособность и самочувствие человека: при содержании в воздухе различных примесей, недостаточном или избыточном нагреве воздуха и несоответствующей нормам влажности могут возникнуть различные заболевания, а при постоянном застаивании воздуха развиваться и хронические формы таких заболеваний.

Система вентиляции подразделяется на искусственную и естественную. Естественная вентиляция происходит за счет разности давлений и температур снаружи и внутри помещения. Искусственная вентиляция подразумевает под собой использование дополнительного движителя для прогонки воздуха – вентилятора. Вентилятор может работать как на удаление, так и на нагнетания воздуха в помещении. В промышленности искусственная вентиляция имеет наибольшую эффективность.

Система рекуперации тепла предназначена для создания и поддержания в помещении постоянного температурного режима. Она позволяет возвращать тепло отработанного воздуха обратно в помещение, тем самым сохраняя постоянную температуру внутри здания. Система рекуперации тепла позволяет снизить затраты на нагрев воздуха при помощи отопления.

2. Здание учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ

Здание учебно-лабораторного корпуса (мастерская ЮТИ ТПУ) расположено по адресу: город Юрга улица Московская 17 б. Учебно-лабораторный корпус построен из сэндвич панелей с минеральным утеплителем 150 мм. Каркас здания металлический, основание здания бетонное. Мастерская имеет общую площадь, равную 540 м². Внутренняя планировка помещения делится на зоны – рабочая (площадь рабочей зоны равна 340 м²), складское помещение (площадь склада – 71 м²) и подсобное помещение (площадь помещения – 36 м²). План помещения представлен в приложении А. Электроснабжение, водоснабжение и канализация от городских сетей. Одновременно в здании находятся 5-10 рабочих.

В рабочей зоне расположены индивидуальные сварочные кабины размерами 2х2 метра в количестве 7 штук. В каждой сварочной кабинке расположено сварочное полуавтоматическое оборудование марки «Шторм-Lorch» серии «ТІХ» (аргонодуговая сварка). Для сварки используют углекислый газ и аргон, запасенный в баллонах. В сварочных кабинах, с использованием аппаратов производят всевозможные виды сварки. Сварочные работы проводят как с черными металлами, так и с алюминиевыми сплавами. В процессе работы в воздух попадает довольно большое количество сварочных аэрозолей, поэтому над рабочими столами сварочной кабины установлены вытяжные зонты (рис. 9).

На против сварочной зоны расположен плазморез – устройство для раскройки металла (приложение А). Он позволяет вырезать элементы различной сложности из листов таких металлов, как токопроводящие металлы (высоколегированные стали с хромом и никелем, незакаленные и закаленные инструментальные стали, конструкционные стали, жель, оцинковка, серый чугун), так и из некоторых цветных металлов (алюминий, латунь, медь). Плазменная резка проходит по методу бесконтактного поджига дуги. При

работе на плазморезе происходит сильное задымление воздуха, поэтому над этим оборудованием установлены вытяжные зонты.



Рисунок 9 – вытяжные зонты вентиляционной системы учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ

В зоне, расположенной вблизи входа в здание (приложение А), находятся металлургические печи, предназначенные для производства сплавов различных металлов. В частности, используют печи марок СШОЛ 35/11 и ЭКПС-50. Печь марки СШОЛ применяется для обжига изделий, плавки и термообработки металлов при температуре до 1150°С. Данный аппарат имеет в памяти 9 программ обработки металла и 16 ступеней нагрева, что позволяет добиться наилучшего результата термического процесса. Печь марки ЭКПС-50 работает в двух режимах – закрытый (температура нагрева до 1100°С с помощью нагревательных элементов внутри печи) и открытый (температура нагрева до 1300°С). Предназначена для отжига, закалки стали и других металлов при высоких температурах. Для удобства пользования данное оборудование оснащено терморегулятором на девять временных диапазонов. В процессе работы на данных аппаратах происходит выброс продуктов сгорания в атмосферу рабочего помещения, поэтому над ними установлены вытяжные зонты.

Оставшаяся свободная зона используется для хранения и технического обслуживания автомобильного транспорта.

В настоящий момент в здании учебно-лабораторного корпуса установлена система вытяжной вентиляции, проходящая через все рабочие зоны. В ходе личного общения с сотрудниками данного корпуса было выявлено, что данная система не в полном объеме справляется со своим предназначением. Были проведены замеры скорости потоков забираемого воздуха непосредственно в действии вытяжного зонта. Для данной цели был использован прибор для измерения скорости движения воздуха – анемометр ручной крыльчатый, марки АСО-3 (рис. 10).

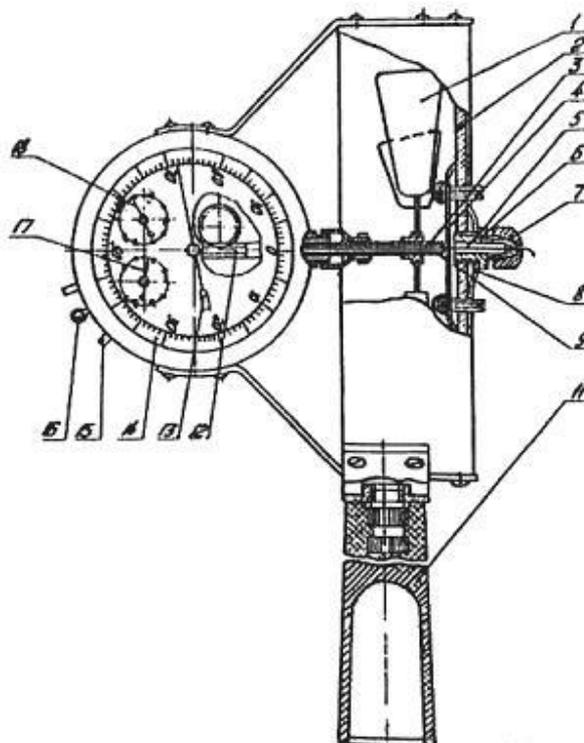


Рисунок 10 – устройство анемометра крыльчатого АСО-3:

1 – крыльчатка, 2 – стержень, 3 – ось трубчатая, 4 – пружина, 5 – ось стальная, 6 – втулка, 7 – гайка, 8 – пружина, 9 – втулка подшипниковая, 11 – ручка, 12 – червяк, 13 – стрелка шкалы единиц, 14 – циферблат, 15 – ушко, 16 – арретир, 17 – стрелка шкалы тысяч, 18 – стрелка шкалы сотен.

Перед началом работы было необходимо записать начальные данные с циферблата 14, на которые указывала стрелка 13. Далее прибор устанавливается в зоне измерения так, чтобы ось вращения 5 крыльчатки располагалась параллельно направлению воздушного потока. После того, как скорость вращения крыльчатки 1 становится равномерной, включается

отсчетный механизм при помощи арретира 16 и секундомер. Через минуту работы прибора счетный механизм отключается и проверяются показания на циферблате. От конечных показаний отнимали начальные и делили на время проведения замеров (60 секунд). Это значение по градуированному графику переводилось в искомое значение (рис. 11).

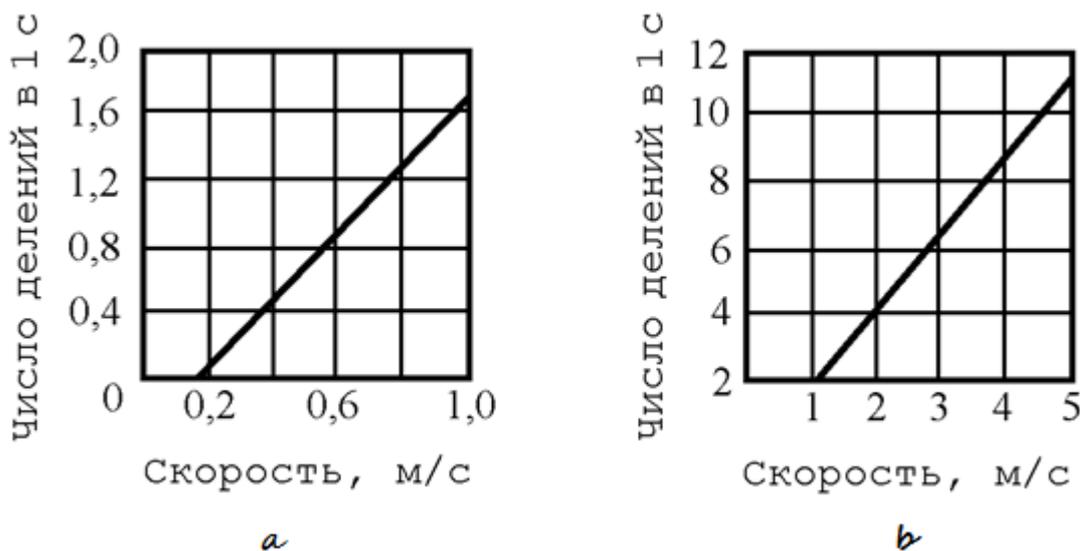


Рисунок 11 – градуированный график для вычисления средней скорости движения воздуха:

а – для значений показаний менее 2 делений в секунду, б – для значений показаний от 2 до 12 делений.

После проведения замеров скорости потока воздуха в трех рядом стоящих вытяжных зонтах были получены следующие значения – 217, 195 и 255 делений за 60 секунд. Для расчета числа делений в секунду необходимо было разделить зафиксированное прибором число делений на время проведения замеров, что соответствует 3,6; 3,25 и 4,25 делений в секунду соответственно. Для нахождения скорости потока воздуха необходимо найти среднее значение делений в секунду. Оно равно 3,7 делениям в секунду. Искомую скорость потока воздуха определяем по графику б (рисунок 10). Средняя скорость потока воздуха в системе вентиляции составляет 1,5 м/с.

Существующая система вентиляции оснащена ручными задвижками, перекрывающими обмен воздушными потоками на определенном зонте. При

блокировке нескольких вытяжных зонтов скорость воздушных потоков на остальных зонтах увеличивается. Это позволяет увеличить эффективность вентиляции в местах проведения непосредственных работ за счет отключения от вентиляционной сети неиспользуемых в работе зон.

Так же было установлено, что если провести ряд модернизаций в действующей системе вентиляции, можно существенно улучшить работу не только системы вентиляции, но и всего здания в целом. Для сохранения тепла в помещении возможна установка рекуператора тепла, для удобства управления вытяжками возможно оснащение задвижек автоматической системой срабатывания, возможна установка фильтров для защиты окружающей среды от вредного воздействия сварочных аэрозолей.

В помещении производят работы категории – Пб; ТНС-индекс – 19,5-23,9; интенсивность энергозатрат – 233-290 Вт. Для данного вида работ установлены следующие показатели микроклимата помещения (таблица 5)

Таблица 5 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый	19-21	18-22	60-40	0,2

Так же существует рабочая система отопления помещения. Отопление осуществляется от системы центральной теплоцентрали. В качестве отопления используются промышленные радиаторы с установленными на них вентиляторами. В радиаторы подается горячая вода из системы центрального отопления, а тепло распространяется благодаря дующим вентиляторам. Регулировка температуры осуществляется за счет кранов, ограничивающих подачу воды в радиаторы.

Освещение здания происходит за счет светодиодных светильников tp smartbuy (мощностью 40 Вт, цветовая температура 5000К, степень защиты IP65). Светодиодный пылевлагозащищенный энергосберегающий светильник со светодиодными модулями, предназначен для освещения помещений с повышенной влажностью и запыленностью. Всего в помещении расположено 65 светильников.

3 Расчет проекта системы вентиляции

3.1 Выбор способа проветривания помещения

Сварочное производство характеризуется выбросом в воздух рабочей зоны большого количества вредных веществ и теплоты. Эти выбросы происходят неравномерно, и наибольшая их концентрация наблюдается непосредственно у рабочих мест.

Система вентиляции делится на приточную, вытяжную и общеобменную. В зависимости от заданных функций различают местную, общую или комбинированную.

Местная приточная вентиляция предназначена для подачи чистого воздуха к постоянным рабочим местам, а также снижать в их зонах температуру воздуха и обдувать рабочих. Выполняется местная приточная вентиляция в виде воздушных душей, оазисов или завес. Одним из преимуществ местной приточной вентиляции является то, что она требует меньших затрат, чем общеобменная.

Местная вытяжная вентиляция применяется в случаях, когда места выделения вредностей локализованы и их распространение по помещению возможно не допустить. Она обеспечивает улавливание и отвод вредных выделений. Для удаления вредностей применяют местные отсосы. При устройстве местной вытяжной вентиляции улавливаемый воздух должен быть предварительно очищен от примесей перед выбросом его в атмосферу. Данная система весьма эффективна, так как позволяет удалять вредные вещества непосредственно у мест их образования.

Минусом местных систем вентиляции является то, что она не может выполнять все задачи вентиляции. Например, если вредные выделения рассредоточены на значительной площади или в большом объеме; подача воздуха не обеспечивает необходимые условия воздушной среды и другое.

Общая вентиляция устанавливается для ассимиляции избыточного тепла и влаги, разбавления вредных концентраций паров и газов и обеспечения санитарно-гигиенических норм в рабочей зоне.

Для помещений, в которых производятся сварочные работы, наиболее эффективной системой проветривания является установка механической (искусственной) вентиляционной сети. Сварочное производство характеризуется избыточным выделением в воздух помещения тепла и пыли. В связи с этим предполагается установить в здании учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ комбинированную приточно-вытяжную систему вентиляции. В зоне проведения работ необходимо провести местную вытяжную вентиляцию для отбора вредных выделений непосредственно в месте их образования; по периметру помещения планируется провести общую приточную вентиляцию для разбавления концентрации не уловленных местной вентиляцией вредностей и обеспечения нормируемых показателей микроклимата помещения.

В зоне работы металлургических печей в воздух происходит выделение тепла, которое можно использовать для дополнительного подогрева воздуха всего помещения при помощи рекуператоров тепла, установленных на данной ветви вентиляционной сети.

3.2 Выбор вентиляционного режима

Существует пять видов вентиляционных режимов для приточных систем вентиляции:

- нормальный;
- ослабленный;
- усиленный;
- нулевой;
- реверсивный.

Каждый вентиляционный режим предназначен для контроля подачи воздуха в помещении и поддержания необходимых показателей микроклимата.

Нормальный режим применим в случаях, если производственный режим работы объекта не изменяется в течении длительного периода и является основным. Ослабленный режим используется при снижении интенсивности выделения вредностей и уменьшении количества рабочих. Данный режим наиболее уместен как временный в нерабочее время. Усиленный режим предусматривают в случаях временного контролируемого увеличения количества выделяющихся вредностей на объекте. Нулевой режим предусматривают в нерабочие смены. Реверсивный режим подходит для функционирования в условиях аварийных ситуаций на производстве в соответствии с планом ликвидации чрезвычайных (аварийных) ситуаций.

Для функционирования вентиляционной системы в здании учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ возможно применение нескольких режимов работы:

- нормальный (в периоды нахождения в помещении людей);
- усиленный (непосредственно при проведении работ в здании объекта);
- нулевой (в нерабочие смены);
- реверсивный (для работы в условиях чс или аварий).

3.3 Организация воздухообмена в помещении

Воздушные потоки принято разделять на продольные, поперечные, диагональные и комбинированные. Схемы движения воздушных потоков представлены на рисунке 12.

Продольная схема а применяется для проветривания общеобменного проветривания помещений без фиксированного места выделения вредностей. По данной схеме происходит нарастание концентрации вредностей в

направлении к выходу из помещения, в торцах помещения возможны образования вихрей или застойных зон.

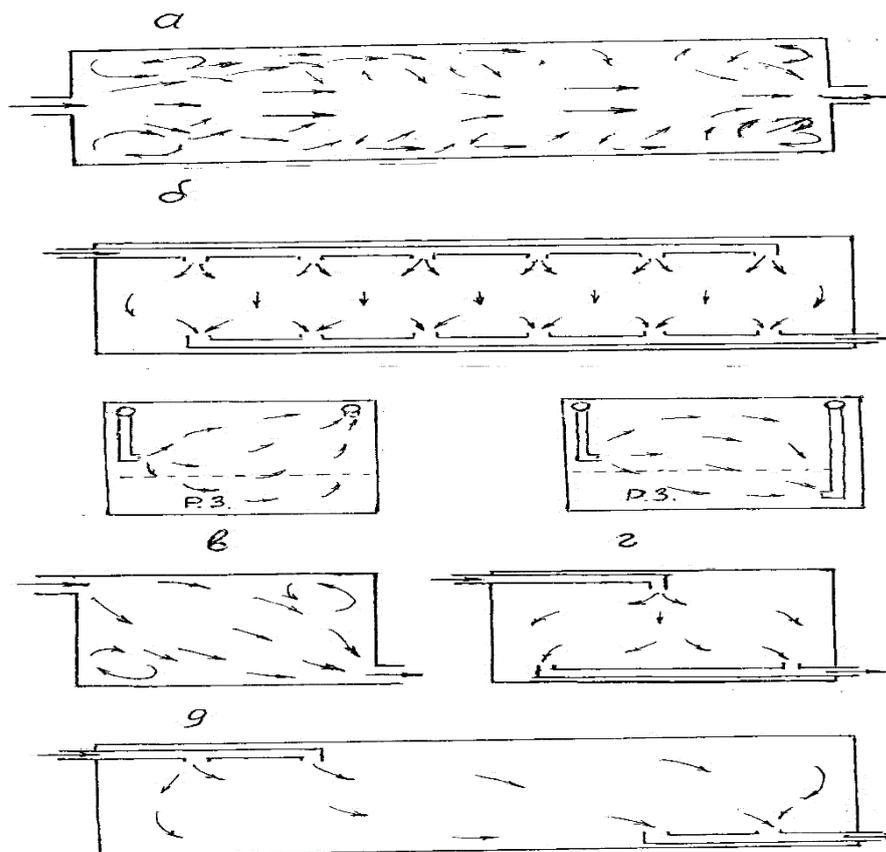


Рисунок 12 – схемы движения воздушных потоков в помещениях:

а – продольная; б – поперечная с верхним и нижним отсосом;
в – диагональная; г, д – комбинированная.

Поперечная схема б сложнее и требует большего внимания к организации проветривания помещения. Основным достоинством является равномерное распределение вредностей по объему помещения.

Схемы в, г и д приводят к увеличению количества положительных факторов и уменьшению недостатков.

Приточный воздух необходимо подавать на постоянные рабочие места, если они находятся вблизи источников выделения вредностей, где невозможны установки местных отсосов. Удаление воздуха системами вентиляции предусматривают из зон, где воздух наиболее загрязнен или имеет наиболее высокую температуру. При выделении пыли или аэрозолей удаление воздуха системой общеобменной вентиляции предусматривают из нижних зон. При

выделении вредных или горючих газов и паров воздух удаляют из верхних зон объеме не меньше однократного воздухообмена в час.

Для проектирования вентиляционной сети учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ необходимо использовать поперечную схему воздухообмена для притока чистого воздуха. Удаление загрязненного воздуха необходимо проводить из нижних зон местными отсосами.

3.4 Разработка схемы вентиляции

Принимая в учет выбранные выше способ проветривания, вентиляционный режим и организацию воздухообмена помещения, а также размеры помещения и места выделения вредностей, необходимо разработать схему вентиляции.

Для расчета параметров системы вентиляции необходимо построить аксонометрическую схему данного проекта. Чертежи представлены в приложении Б1-Б4.

Система вентиляции состоит из трех отдельных ветвей, для каждой из которых необходимо провести расчеты. Расположение расчетных ветвей представлены в приложении А.

3.4.1 Расчет вентиляционной системы над сварочной зоной

Для проветривания данной зоны запланирован воздуховод, объединяющий семь отсосов. После забора загрязненного воздуха, при помощи вентилятора по общему трубопроводу он поступает на фильтр очистки и в дальнейшем очищенный воздух выбрасывается в атмосферу. Аксонометрическая схема вентиляции данной зоны представлена в приложении Б1. Результаты вычислений сводятся в таблице 6.

Магистралью вентиляционной системы являются участки 8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21 (приложение Б1).

Таблица 6 – данные для расчета воздуховода

№ участка	l, м	L, м ³ /ч	v, мм	d, м/сек	Cш	$\frac{\lambda}{d}$	P _{тр} , Н/м ³	ζ	P _{м.с.} , $\frac{H}{мЗ'}$	P _{уч.} , $\frac{H}{мЗ'}$
1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	13
а	5	2600	4,5	450	1,055	0,039	2,49	1,95	11,86	714,35
б	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
в	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
г	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
д	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
е	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
ж	3,5	2600	4,5	450	1,055	0,039	1,74	1,95	11,86	13,60
8-9	0,2	5200	5,8	560	1,064	0,029	0,12	0,2	2,02	2,14
9-10	1,5	7800	7,1	630	1,072	0,022	1,06	0,6	9,07	10,13
10-11	0,2	10400	8,4	670	1,088	0,022	0,20	0,6	12,70	12,90
11-12	1,5	13000	9,3	710	1,085	0,017	1,43	0,6	15,56	16,99
12-13	1,7	15600	9,9	750	1,087	0,017	1,84	0,6	17,64	19,48
13-14	8	18200	10,2	800	1,089	0,017	9,24	2	18,72	20,56

При механическом побуждении движения воздуха допускается скорость воздуха (V_{max}) в магистральных путях до 12 м/с, в ответвлениях (V_{min}) – до 6 м/с. Прирост скорости воздуха при переходе от одного участка к другому определяют по формуле 16:

$$\Delta V_{уч} = \frac{V_{max} - V_{min}}{n - 1}, \quad (16)$$

где n – количество участков магистрали.

$$\Delta V_{уч} = \frac{12 - 6}{7 - 1} = 1 \text{ м/с}$$

Приближенные значения скорости для участков 1-8, 8-9, 9-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-21 примем соответственно 5, 6, 7, 8, 9, 10 и 11 м/с.

Расчетный диаметр трубопровода определяют по формуле 17:

$$d_p = \sqrt{\frac{4L}{3600\pi V_{пр}}}, \quad (17)$$

где L – расход воздуха на участке (строка 3 таблицы 6);

$V_{пр}$ – принятая скорость движения воздуха на участке.

$$d_{1-8} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 5}} = 0,43 \text{ м},$$

$$d_{8-9} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5200}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6}} = 0,55 \text{ м},$$

$$d_{9-10} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8000}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7}} = 0,63 \text{ м},$$

$$d_{10-11} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 8}} = 0,68 \text{ м},$$

$$d_{11-12} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13200}{3600 \cdot 3,14 \cdot 9}} = 0,72 \text{ м},$$

$$d_{12-13} = \sqrt{\frac{4 \cdot 15800}{3600 \cdot 3,14 \cdot 10}} = 0,74 \text{ м},$$

$$d_{13-21} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18400}{3600 \cdot 3,14 \cdot 11}} = 0,77 \text{ м}.$$

Согласно ГОСТу 24751-81 подбираем трубопроводы номинального диаметра, который должен быть больше или равен расчетному. Результаты представлены в столбце 5 таблицы 6.

Физическая скорость движения воздуха в трубопроводе на участках определяют по формуле 18:

$$V = \frac{4L}{\pi \cdot 3600 \cdot d^2} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (18)$$

$$V_{8-9} = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,45^2} = 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{9-10} = \frac{4 \cdot 5200}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,56^2} = 5,8 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{10-11} = \frac{4 \cdot 8000}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,63^2} = 7,1 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{11-12} = \frac{4 \cdot 10600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,67^2} = 8,4 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{12-13} = \frac{4 \cdot 13200}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,71^2} = 9,3 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{13-17} = \frac{4 \cdot 15800}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,75^2} = 9,9 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

$$V_{17-21} = \frac{4 \cdot 18400}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,8^2} = 10,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Для участков б,в,г,д,е и ж Значение V принимаем равными 4,5 м/с. Значения приведены в столбце 4 таблицы 6.

Для дальнейших вычислений необходимо определить поправочный коэффициент $C_{ш}$, который учитывает шероховатость внутренней поверхности воздухопроводов и зависит от скорости воздуха и абсолютной шероховатости стенок K . Стенки воздуховода будут производиться из оцинкованной стали. В этом случае абсолютная шероховатость стенок составит 0,2 мм [24]. Исходя из этого поправочный коэффициент будет изменяться в зависимости от расчетной скорости воздуха от 1,053 до 1,090. Все значения занесены в столбец 6 таблицы 6 [24].

Потери давления в сети рассчитываем исходя из данных таблицы 6. По расчетным данным столбцов 1, 3, 4 и 7 таблицы 6 вычислим потери давления в

вентиляционной сети. Для расчетов необходимо определить условный коэффициент трения $(\frac{\lambda}{d})$. Значения представлены для стандартных условий воздуха и занесены в строку 9 таблицы 6 [24].

Потери давления на преодоление сопротивления трения рассчитывается по формуле 19:

$$P_{\text{тр}} = C_{\text{ш}} \cdot l \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot V^2, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}, \quad (19)$$

где ρ – плотность воздуха для нормальных условий, $\rho = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$P_{\text{тра}} = 1,055 \cdot 5 \cdot 0,039 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 4,5^2 = 2,49 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр б,в,г,д,е,ж}} = 1,055 \cdot 3,5 \cdot 0,039 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 4,5^2 = 1,74 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 8-9}} = 1,064 \cdot 0,2 \cdot 0,029 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 5,8^2 = 0,12 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 9-10}} = 1,072 \cdot 1,5 \cdot 0,022 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 7,1^2 = 1,06 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 10-11}} = 1,088 \cdot 0,2 \cdot 0,022 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 8,4^2 = 0,20 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 11-12}} = 1,085 \cdot 1,5 \cdot 0,017 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 9,3^2 = 1,43 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 12-13}} = 1,087 \cdot 1,7 \cdot 0,017 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 9,9^2 = 1,84 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 13-21}} = 1,089 \cdot 8 \cdot 0,017 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 10,2^2 = 9,24 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Так же необходимо рассмотреть участки с местным сопротивлением.

На участке а имеются следующие местные сопротивления:

- местный отсос с коэффициентом местного сопротивления $\zeta=1,3$;

- ответвление под углом 90° с отношением $\frac{r}{d} = 1,0$, имеющий

коэффициент $\zeta=0,4$;

- диффузор с постепенным расширением имеющий коэффициент $\zeta=0,25$;
- индивидуальная заслонка, имеющая коэффициент $\zeta=0,0-100$ в зависимости от степени открытия; в рабочем режиме коэффициент сопротивления принимается равным $\zeta=0,0$;

Суммарный коэффициент местного сопротивления на участке а равен:

$$\sum \zeta = 1,30 + 0,40 + 0,25 + 0,00 = 1,95.$$

Суммарные коэффициенты участков б-ж равняются суммарному коэффициенту сопротивления участка а, так как эти участки имеют одинаковые параметры и схемы работы.

Для участка 8 определены следующие местные сопротивления:

- диффузор для перехода трубопровода $d=450$ мм к трубе $d=540$ мм при угле раскрытия $\alpha=30^\circ$ и $\frac{F_1}{F_2} = 0,69$, коэффициент трения $\zeta=0,2$;

- унифицированный прямой тройник с соотношением $\frac{r}{d} = 2$ с коэффициентом на проход $\zeta=0,0$;

Суммарный коэффициент местного сопротивления на участке 8 равен:

$$\sum \zeta = 0,2 + 0,0 = 0,2.$$

Для участка 9-13 определены следующие участки местного сопротивления:

- унифицированный прямой тройник с соотношением $\frac{r}{d} = 2$ с коэффициентом на вход $\zeta=0,0$ и ответвление $\zeta=0,6$;

Суммарное местное сопротивление:

$$\sum \zeta = 0,6 + 0,0 = 0,6.$$

Для участка 14-21 определены следующие места сопротивления:

- унифицированный прямой тройник с соотношением $\frac{r}{d} = 2$ с коэффициентом на ответвление $\zeta=0,6$;

- два ответвления под углом 90° с отношением $\frac{r}{d} = 0,5$ и коэффициентом на сопротивление $\zeta=1,0$;

- направляющие жалюзи для выпуска воздуха без рассеяния с коэффициентом $\zeta=2,0$.

Суммарное местное сопротивление:

$$\sum \zeta = 0,6 + 2 \cdot 1,0 + 2,0 = 4,6.$$

Анализ результатов потерь давлений показал, что на участке 14-21 эти потери очень велики и составляют 40% от всех потерь давления в магистрали. Чтобы уменьшить потери давления на этом участке необходимо внести изменения и рассчитать систему другим способом.

Заменяя секционные повороты на более гладкие и увеличив отношение радиуса к диаметру до 1,5, значение коэффициента трения составит $\zeta=0,3$. Если оборудовать вытяжной проем диффузором с зонтом, то коэффициент трения в нем составит $\zeta=0,8$. Сумма местных сопротивлений в этом случае будет равняться:

$$\sum \zeta = 0,6 + 2 \cdot 0,3 + 0,8 = 2.$$

Полученные данные занесены в столбец 11 таблицы 6.

Подсчет потерь давления на преодоление местных сопротивлений на каждом участке произведем по формуле 6:

$$P_{\text{м.с.а,б,в,г,д,е,ж}} = 1,95 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 4,5^2 = 11,86 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.8-9}} = 0,2 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 5,8^2 = 2,02 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.9-10}} = 0,6 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 7,1^2 = 9,07 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.10-11}} = 0,6 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 8,4^2 = 12,70 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.11-12}} = 0,6 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 9,3^2 = 15,56 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.12-13}} = 0,6 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 9,9^2 = 17,64 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.13-14}} = 0,6 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 10,2^2 = 18,72 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.14-21}} = 2 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 10,2^2 = 62,42 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Результаты расчетов занесены в столбец 12 таблицы 6.

Потери давления на каждом участке вычисляются по формуле 20:

$$P_{\text{уч}} = P_{\text{тр}} + P_{\text{м.с.}}, \quad (20)$$

$$P_{\text{уч а}} = 2,49 + 11,86 + 700 = 714,35 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч б,в,г,д,е,ж}} = 1,74 + 11,86 = 13,60 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 8-9}} = 0,12 + 2,02 = 2,14 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 9-10}} = 1,06 + 9,07 = 10,13 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 10-11}} = 0,20 + 12,70 = 12,90 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 11-12}} = 1,43 + 15,56 = 16,99 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 12-13}} = 1,84 + 17,64 = 19,48 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 13-14}} = 1,84 + 18,72 = 20,56 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 14-21}} = 9,24 + 62,42 = 71,66 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}.$$

Результаты вычислений заносим в столбец 13 таблицы 6.

Общие потери давления на магистрали составляют 868,21 Н/м². Потери давления на ответвлениях равны 663,60 Н/м² для каждого.

Полное сопротивление сети определяется по формуле 10:

$$R_c = \frac{868,21}{\left(\frac{18200}{3600}\right)^2} = 34,73 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^8}.$$

С учетом коэффициента запаса по расходу $K_3=1,1$, расчетная производительность вентилятора вычисляется по формуле 11:

$$L_{в.р.} = 1,1 \cdot 18200 = 20020 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Расчетное давление, создаваемое вентилятором, рассчитывается по формуле 13.

Для выбора вентилятора необходимо построить характеристику сети. По формуле вычисляем необходимое значение создаваемого вентилятором давления по формуле 13. Расчетное давление равно $P_{в.р.} = 1073,50 \text{ Н/м}^2$.

Подбираем вентилятор, который будет работать при такой нагрузке. Для работы будем опираться на рабочие характеристики промышленного вентилятора низкого давления ВР 86-77-8. Характеристика вентилятора представлена на рисунке 13.

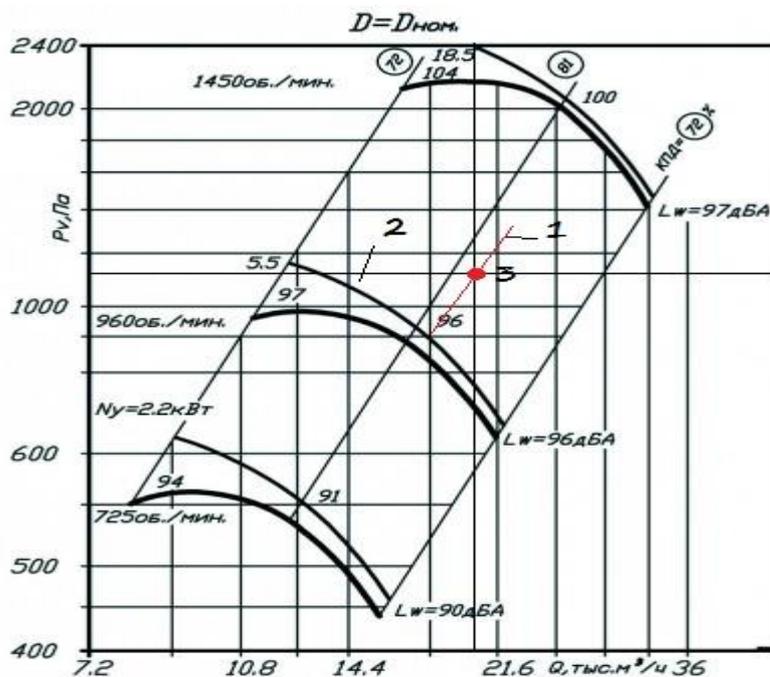


Рисунок 13 – рабочая характеристика вентилятора ВР 86-77-8:

1 – характеристика сети, 2 – характеристика вентилятора, 3 – расчетный режим работы.

Число оборотов вентилятора составит 1200 в минуту. Мощность вентилятора составит 5 кВт, КПД=83%. Вентилятор имеет запас как по производительности, так и по напору.

3.4.2 Расчет вентиляционной системы над зоной плазмореза

Для проветривания данной зоны запланирован воздуховод с одним местным отсосом. Загрязненный воздух идет по трубопроводу, проходит очистку на фильтре и выводится в атмосферу. Аксонометрическая схема вентиляции данной зоны представлена в приложении Б2.

Расчетный диаметр трубопровода вычисляется по формуле 17:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 2600}{3600 \cdot 3,14 \cdot 12}} = 0,275 \text{ м.}$$

Согласно ГОСТу 24751-81 подбираем трубопроводы номинального диаметра, который должен быть больше или равен расчетному. Диаметр трубопровода примем равным 280 мм.

Физическая скорость движения воздуха определяется по формуле 18:

$$V = \frac{4 \cdot 2600}{3,14 \cdot 3600 \cdot 0,28^2} = 11,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Стены воздуховода будут производиться из оцинкованной стали. Абсолютная шероховатость стенок составит 0,2 мм [24]. В этом случае поправочный коэффициент будет равен $C_{ш}=1,1$.

Определяем условный коэффициент трения. Он равен $\frac{\lambda}{d}=0,054$ [24].

Потери давления на преодоление сопротивления трения рассчитываются по формуле 19:

$$P_{тр} = 1,1 \cdot 10 \cdot 0,054 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 11,7^2 = 48,78 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

Так же необходимо рассмотреть участки с местным сопротивлением.

На участке имеются следующие местные сопротивления:

- местный отсос с коэффициентом местного сопротивления $\zeta=1,3$;
- ответвление под углом 90° с отношением $\frac{r}{d} = 1,0$, имеющий коэффициент $\zeta=0,4$;
- индивидуальная заслонка, имеющая коэффициент $\zeta=0,0-100$ в зависимости от степени открытия; в рабочем режиме коэффициент сопротивления принимается равным $\zeta=0,0$;
- диффузор с зонтом с коэффициентом трения $\zeta=0,8$.

Сумма местных сопротивлений в этом случае будет равняться:

$$\sum \zeta = 1,3 + 0,4 + 0,8 + 0,0 = 2,5.$$

Подсчет потерь давления на преодоление местных сопротивлений производится по формуле 6:

$$P_{\text{м.с.}} = 2,5 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 11,5^2 = 198,3 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Потери давления рассчитываются по формуле 20:

$$P_{\text{уч}} = 48,78 + 198,3 + 650 = 897,15 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}.$$

Полное сопротивление сети определяется по формуле 10:

$$R_c = \frac{897,15}{\left(\frac{2600}{3600}\right)^2} = 1725,3 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^8}.$$

С учетом коэффициента запаса по расходу $K_3=1,1$, расчетная производительность вентилятора, определенная по формуле 11:

$$L_{\text{в.р.}} = 1,1 \cdot 2600 = 2860 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Для выбора вентилятора необходимо построить характеристику сети. По формуле вычисляем необходимое значение создаваемого вентилятором

давления по формуле 13. Расчетное давление вентилятора должно составлять $P_{в.р} = 1725,3 \text{ Н/м}^2$.

Подбираем вентилятор, который будет работать при такой нагрузке. Для работы будем опираться на рабочие характеристики вентилятора ВР 280-46-2,5 в первом исполнении. Характеристика вентилятора представлена на рисунке 14.

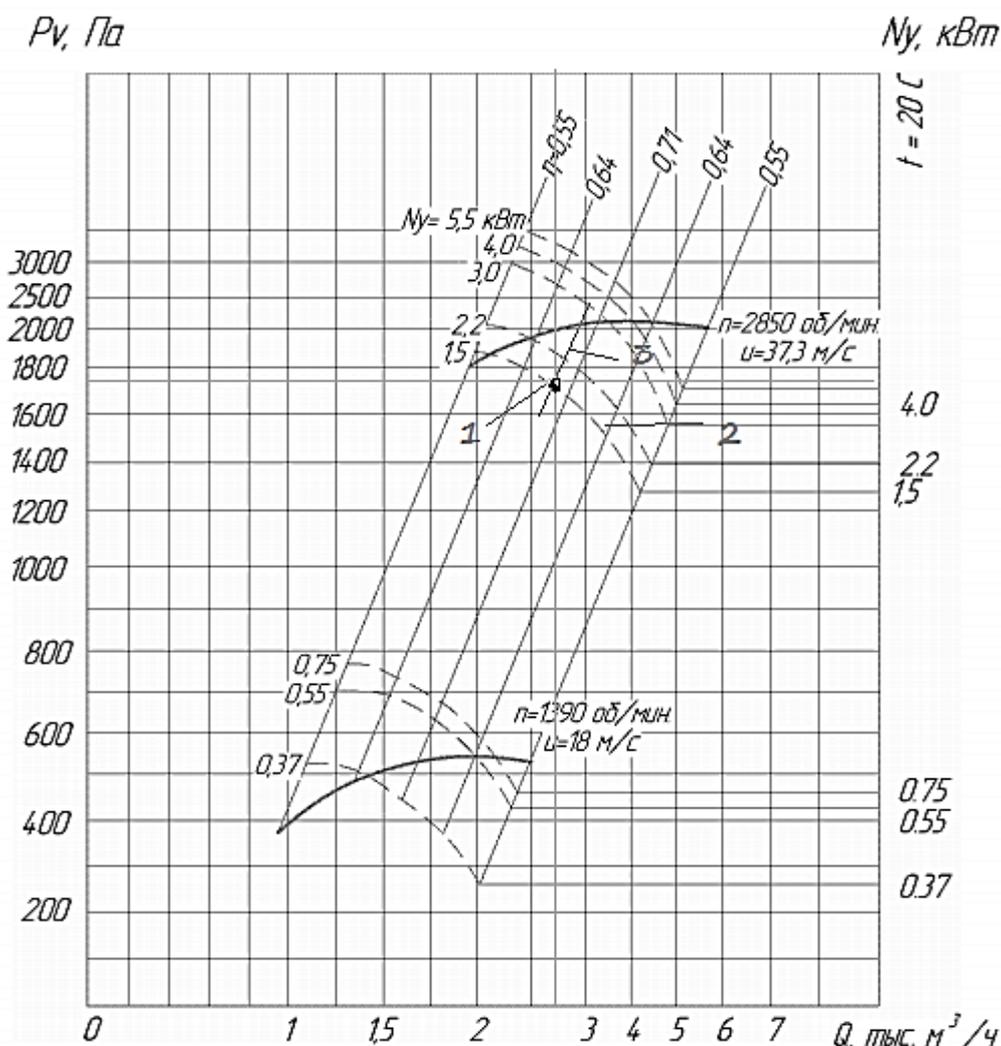


Рисунок 14 – рабочие характеристики вентилятора ВР 280-46-2,5:

1 – расчетный режим работы, 2 – характеристика вентилятора, 3 – характеристика сети.

Число оборотов вентилятора составит 2800 в минуту. Мощность вентилятора составит 1,5 кВт, КПД=69%.

3.4.3 Расчет вентиляционной системы над зоной печей

В данной зоне у нас происходит интенсивное выделение теплоты и загрязнение воздуха. Схема представлена в приложении Б3. Магистраль обозначена на схеме а-б-в-г-д.

Для определения воздуха при избытке тепла для его удаления считают по формулам 21-27:

$$L = VF, \quad (21)$$

где F – площадь открытого проема, м^2 .

$$A = a + 0,8H, \quad (22)$$

$$B = b + 0,8H, \quad (23)$$

где A и B – размеры зонта, м ;

H – расстояние от оборудования до низа зонта, м ;

a и b – размеры источника вредных выделений, м ,

$$H \leq 1,5\sqrt{F}, \quad (24)$$

Размеры источника выделения вредностей равны $a=0,4$ м и $b=0,6$ м . Принимая в расчет данные оборудования и микроклимата по формулам 22-24 рассчитаны значения:

$$H = 1,5\sqrt{0,4 \cdot 0,6} = 0,73 \text{ м},$$

$$A = 0,4 + 0,8 \cdot 0,73 = 0,98 \text{ м},$$

$$B = 0,6 + 0,8 \cdot 0,73 = 1,18 \text{ м}.$$

Аксонметрическая схема данной ветви представлена в приложении Б4. Магистральное направление выбрано для участков а-б-в-г-д. Данные по расчетам вносятся в таблицу 8.

Таблица 8 – данные для расчета воздуховода

Номер участка	l, м	L, м ³ /ч	d, м	V, м/с	СШ	$\frac{\lambda}{d}$	$P_{тр}, Н/м^3$	$P_{м.с.}, \frac{Н}{м^3}$	ζ	$P_{уч}, \frac{Н}{м^3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А	4,57	1442,6	280	6,5	1,070	0,062	7,68	49,43	1,95	57,11
Б	5,5	2885,2	400	6,3	1,068	0,045	10,49	9,52	0,4	20,01
В	1,5	2889,7	355	8,1	1,078	0,043	2,73	-	-	2,73
Г	1,5	2894,2	315	10,3	1,090	0,049	5,09	-	-	5,09
Д	8	2898,7	280	13,1	1,110	0,053	48,45	41,18	0,4	89,63
5	2	4,5	50	0,5	1,008	0,400	0,12	0,40	1,35	0,52
4	2	4,5	50	0,5	1,008	0,400	0,12	0,40	1,35	0,52
3	2	4,5	50	0,5	1,008	0,400	0,12	0,40	1,35	0,52
2	2,57	1442,6	280	6,5	1,070	0,062	7,68	22,81	0,9	30,49

Интервал для скоростей по магистрали рассчитывается по формуле 16:

$$\Delta V_{уч} = \frac{12 - 6}{5 - 1} = 1,5 \frac{м}{с}.$$

Исходя из этого принимаем примерную скорость воздуха по путям магистрали а, б, в, г, д соответственно 6, 7,5, 9, 10,5, 12 м/с.

Диаметр воздуховода (круглого сечения) рассчитывается по формуле 25:

$$d = \sqrt{\frac{4L}{3600 \pi V}}, \text{ м}, \quad (25)$$

$$d_a = \sqrt{\frac{4 \cdot 1442,6}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6,5}} = 0,291 \text{ м},$$

$$d_b = \sqrt{\frac{4 \cdot 2885,2}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6,3}} = 0,368 \text{ м},$$

$$d_B = \sqrt{\frac{4 \cdot 2889,7}{3600 \cdot 3,14 \cdot 8,1}} = 0,337 \text{ м},$$

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot 2894,2}{3600 \cdot 3,14 \cdot 10,3}} = 0,312 \text{ м},$$

$$d_D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2898,7}{3600 \cdot 3,14 \cdot 13,1}} = 0,292 \text{ м},$$

$$d_{5,4,3} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,5}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 0,016 \text{ м},$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1442,6}{3600 \cdot 3,14 \cdot 6,5}} = 0,291 \text{ м}.$$

Согласно ГОСТу 24751-81 подбираем трубопроводы номинального диаметра, который должен быть больше или равен расчетному. Результаты представлены в столбец 4 таблицы 8.

Физическая скорость движения воздуха в трубопроводе на участках определяют по формуле 18. Значения приведены в столбец 5 таблицы 8.

Для дальнейших вычислений необходимо определить поправочный коэффициент $C_{ш}$, который учитывает шероховатость внутренней поверхности воздухопроводов и зависит от скорости воздуха и абсолютной шероховатости стенок K . Стенки воздуховода будут производиться из оцинкованной стали. В этом случае абсолютная шероховатость стенок составит 0,2 мм [24]. Исходя из этого поправочный коэффициент будет изменяться в зависимости от расчетной скорости воздуха от 1,008 до 1,110. Все значения занесены в столбец 6 таблицы 8 [24].

Потери давления в сети рассчитываем исходя из данных таблицы 8. Для расчетов так же необходимо определить условный коэффициент трения $\left(\frac{\lambda}{d}\right)$.

Значения представлены для стандартных условий воздуха и занесены в столбец 7 таблицы 8 [24].

Потери давления на преодоление сопротивления трения рассчитывается по формуле 19:

$$P_{\text{тр А}} = 1,070 \cdot 4,57 \cdot 0,062 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 6,5^2 = 7,68 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр Б}} = 1,068 \cdot 5,5 \cdot 0,045 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 6,3^2 = 10,49 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр В}} = 1,078 \cdot 1,5 \cdot 0,043 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 8,1^2 = 2,73 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр Г}} = 1,090 \cdot 1,5 \cdot 0,049 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 10,3^2 = 5,09 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр Д}} = 1,110 \cdot 8 \cdot 0,053 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 13,1^2 = 48,45 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 5,4,3}} = 1,008 \cdot 2 \cdot 0,400 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 0,5^2 = 0,12 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{тр 2}} = 1,070 \cdot 2,57 \cdot 0,062 \cdot \frac{1,2}{2} \cdot 6,5^2 = 7,68 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Так же необходимо рассмотреть участки с местным сопротивлением.

На участке а имеются следующие местные сопротивления:

- местный отсос с коэффициентом местного сопротивления $\zeta=1,3$;
- ответвление под углом 90° с отношением $\frac{r}{d} = 1,0$, имеющий коэффициент $\zeta=0,4$;
- индивидуальная заслонка, имеющая коэффициент $\zeta=0,0-100$ в зависимости от степени открытия; в рабочем режиме коэффициент сопротивления принимается равным $\zeta=0,0$;
- диффузор с постепенным расширением имеющий коэффициент $\zeta=0,25$.

Суммарный коэффициент местного сопротивления на участке а равен:

$$\sum \zeta = 1,30 + 0,40 + 0,25 + 0,00 = 1,95.$$

Для участка Б определены следующие местные сопротивления:

- тройник на выход с соотношением $\frac{r}{d} = 1,0$ с коэффициентом на проход $\zeta=0,0$;

- ответвление под углом 90° с отношением $\frac{r}{d} = 1,0$, имеющий коэффициент $\zeta=0,4$;

Суммарный коэффициент местного сопротивления на участке а равен:

$$\sum \zeta = 0,4.$$

На участках в и г местное сопротивление отсутствует.

На участке д имеются следующие местные сопротивления:

- ответвление под углом 90° с отношением $\frac{r}{d} = 1,0$, имеющий коэффициент $\zeta=0,4$;

Суммарный коэффициент местного сопротивления на участке д равен:

$$\sum \zeta = 0,4.$$

Значения суммарных местных сопротивлений на ответвлениях представлены в столбце 10 таблицы 8.

Подсчет потерь давления на преодоление местных сопротивлений на каждом участке произведем по формуле 6:

$$P_{\text{м.с.А}} = 4,57 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 6,5^2 = 49,43 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.Б}} = 5,5 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 6,3^2 = 9,52 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.Д}} = 8 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 13,1^2 = 41,18 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.5,4,3}} = 2 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 0,5^2 = 0,4 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2},$$

$$P_{\text{м.с.2}} = 2,57 \cdot \frac{0,6}{2} \cdot 6,5^2 = 22,81 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Результаты расчетов занесены в строку 9 таблицы 8.

Потери давления на каждом участке вычисляются по формуле 20:

$$P_{\text{уч А}} = 7,68 + 49,43 = 57,11 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч Б}} = 10,49 + 9,52 = 20,01 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч В}} = 2,73 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч Г}} = 5,09 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч Д}} = 48,45 + 41,18 = 89,63 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 3,4,5}} = 0,12 + 0,4 = 0,52 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3},$$

$$P_{\text{уч 2}} = 7,68 + 22,81 = 30,49 \frac{\text{Н}}{\text{м}^3}.$$

Результаты вычислений заносим в столбец 11 таблицы 8.

Полное сопротивление сети определяется по формуле 10:

$$R_c = \frac{206,62}{\left(\frac{2898,7}{3600}\right)^2} = 318,85 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^8}.$$

С учетом коэффициента запаса по расходу $K_3=1,1$, расчетная производительность вентилятора вычисляется по формуле 11:

$$L_{\text{в.р.}} = 1,1 \cdot 2898,7 = 3188,57 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Расчетное давление, создаваемое вентилятором, рассчитывается по формуле 13.

Для выбора вентилятора необходимо построить характеристику сети. По формуле вычисляем необходимое значение создаваемого вентилятором давления по формуле 13. Расчетное давление равно $P_{\text{в.р.}} = 248,7 \text{ Н/м}^2$.

Подбираем вентилятор, который будет работать при такой нагрузке. Для работы будем опираться на рабочие характеристики промышленного вентилятора низкого давления ВР86-77м-3,15. Характеристика вентилятора представлена на рисунке 15.

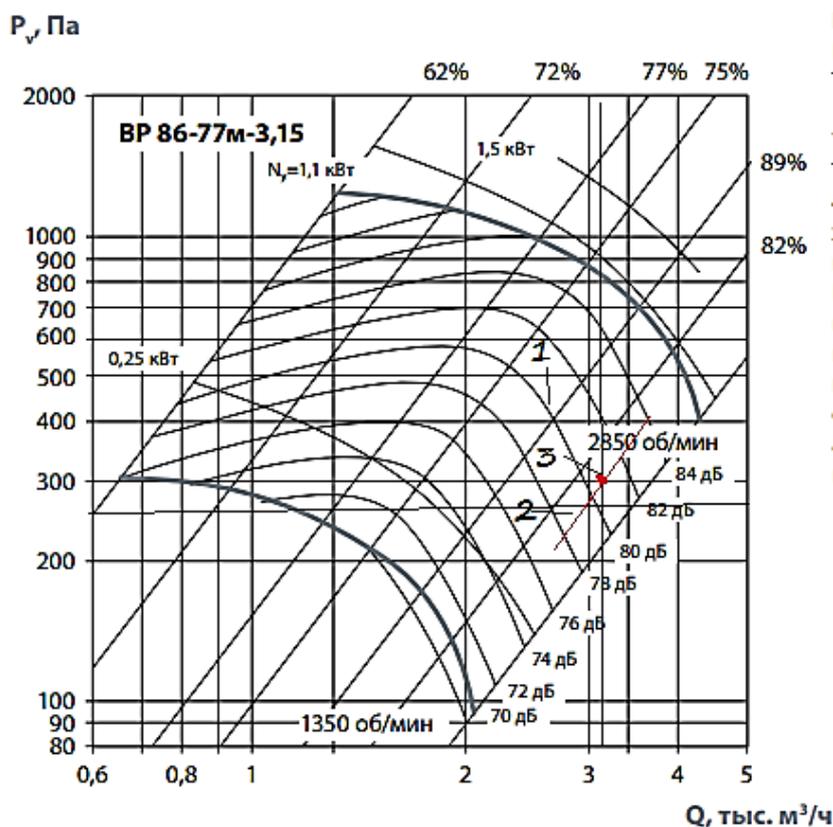


Рисунок 15 – рабочая характеристика вентилятора ВР86-77м-3,15:

1 – характеристика сети, 2 – характеристика вентилятора, 3 – расчетный режим работы.

Число оборотов вентилятора составит 2000 в минуту. Мощность вентилятора составит 0,3 кВт, КПД=80%.

3.4.4 Установка фильтрующего элемента

Для очистки воздуха учебно-лабораторного корпуса от вредных выбросов необходимо установить фильтрующие установки на вытяжные ветви. Установка будет производиться на ветви в зоне сварки и в зоне плазменной резки.

Так как сварочная аэрозоль состоит из дисперсных частиц размером от 10 до 1 мкм, то в качестве очистительного устройства следует применять фильтры тонкой очистки.

Спроектированная система вентиляции имеет прямоугольное сечение. В зависимости от этого необходимо подбирать подходящий фильтр по размеру воздуховодов. Фильтр будет установлен на воздуховоды размерами 0,280 м в зоне плазменной резки и 0,450 м в зоне сварки, а также в магистральной ветви вентиляции сварочного производства размером 0,800 м.

Исходя из вышеперечисленных потребностей подбираем подходящий фильтр, который будет в полной мере соответствовать всем необходимым требованиям. Для данных целей были выбраны следующие фильтры: для воздуховодов в зоне сварки устанавливается воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr 250 весом 4,5 кг; для воздуховодов в зоне плазменной резки устанавливается воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr 450 весом 11 кг. Данные фильтры отлично подходят для выполнения возложенных на них обязанностей и изготавливаются в соответствии с требованиями заказчика. Также фильтры в местах соединения с воздуховодом имеют прорезиненные прокладки, плотно прилегающие к стенкам воздуховода, что исключает просачивание вредных веществ через стыки.

3.4.5 Система рекуперации тепла

В зоне работы металлургических печей происходит интенсивное выделение большого количества тепла, которое никак не используется и просто выходит в атмосферу через вентиляционные сети и открытые дверные и оконные проемы.

Данное тепло можно использовать в качестве дополнительного отопления помещения, что сократит расходы на классическое отопление.

Для данного помещения необходимо подобрать соответствующий рекуператор тепла. При расходе воздуха на ветви вентиляции в зоне металлургических печей $L=3188 \text{ м}^3/\text{ч}$ выбор рекуператора тепла остановим на роторном типе рекуператора. Данный тип оборудования обладает коэффициентами эффективности 75-90%. Тепловая энергия теплого воздуха холодному передается благодаря вращению ротора, внутри которого плотно заложена фольга из меди, алюминия или нержавеющей стали.

Рассмотрев варианты предлагаемых на рынке рекуператоров, выбор был остановлен на системе Salda на основе роторного рекуператора RIRS 3000 HW. Данное устройство работает от сети напряжение 220 В и имеет мощность 11,2 кВт.

3.5 Вывод

Для создания и поддержания оптимальных показателей микроклимата в учебно-лабораторном корпусе ЮТИ ТПУ необходимо провести в здании систему приточно-вытяжной вентиляции. Для обеспечения наиболее эффективной работы вентиляции систему необходимо разделить на участки. Для каждого участка необходимо подобрать соответствующие воздуховоды и вентиляторы. Были выбраны следующие вентиляторы:

- ВР 86-77-8, число оборотов - 1200 в минуту, мощность 5 кВт, КПД=83%,
- ВР 280-46-2.5, число оборотов - 2800 в минуту, мощность 1,5 кВт, КПД=69%,
- ВР86-77м-3.15, число оборотов - 2000 в минуту, мощность 0,3 кВт, КПД=80%.

Для очистки воздуха от сварочных аэрозолей необходимо предусмотреть устройства очистки воздуха. Так как сварочный аэрозоль имеет в составе очень маленькие частицы (до 1 мкм), очистка должна происходить на

тонком уровне. Для данных целей выбран воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr 450 и воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr 250 тонкой очистки, который устанавливается на выходе системы в атмосферу наружного воздуха и в каждой кабине.

В зоне металлургических печей для экономии на отоплении целесообразно установить рекуператор тепла на ветвь вентиляции в этой зоне. Для данных целей была выбрана роторная установка Salda мощностью 11,2 кВт.

Данная система полностью обеспечит необходимый воздухообмен в помещении, установленная система очистки воздуха защитит окружающую среду от загрязнения сварочной пылью, а система рекуперации тепла позволит сократить расходы на отопление помещения и обеспечит поддержание необходимой температуры в любое время года.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
17Г30	Гавриленко Лилие Сергеевне

Институт	ЮТИ ТПУ	Кафедра	БЖДЭиФВ
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	

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

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР) / научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Краткое описание исходных технико-экономических характеристик объекта ИР / НИ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР / НИ; составление бюджета ИР / НИ; краткое описание основных рисков проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. График разработки и внедрения ИР / НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.05.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Лизунков В.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г30	Гавриленко Л.С.		

4 Краткое описание исходных характеристик объекта

В разработке системы вентиляции для учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ используются:

- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,05 м в количестве 6 метров;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,28 м в количестве 25 метров;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,31 м в количестве 1,5 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,35 м в количестве 1,5 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,40 м в количестве 5,5 метров;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,45 м в количестве 26 метров;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,56 м в количестве 0,5 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,63 м в количестве 1,5 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,67 м в количестве 0,5 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,71 м в количестве 1,5 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,75 м в количестве 2 метра;
- оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,80 м в количестве 8 метров;

- секционный элемент ответвления под прямым углом с соотношением $r/d=1$ в количестве 13 штук;
- секционный элемент прямой тройник с соотношением $r/d=2$ в количестве 4 штуки;
- вентиляционный зонт размерами 0,9x1,2 м в количестве 3 штук;
- радиальный вентилятор низкого давления ВР86-77-8 в количестве 1 штука;
- радиальный вентилятор среднего давления ВР280-46-2,5 в первом исполнении в количестве 1 штука;
- радиальный вентилятор ВР86-77м-3,15 в количестве 1 штука;
- воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr-250 в количестве 1 штука;
- воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr-250 в количестве 1 штука;
- рекуперативная установка Salda на базе рекуператора RIRS 3000 HW в количестве 1 штука.

Для монтирования оборудования необходимо воспользоваться услугами монтажников. Приблизительные расценки на оплату работы составляют:

- монтаж радиального вентилятора – 4400 рублей за штуку;
- подъем системы до проектной отметки – 15000 рублей;
- установка фильтра – 440 рублей за штуку;
- монтаж диффузора – 300 рублей за штуку;
- монтаж воздуховода – 700 рублей за погонный метр;
- изготовление отверстий в стенах под воздуховод – 1000 рублей за штуку.

4.1 Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР

Календарный план является необходимым документом, в котором определяется общий срок возведения объекта, сроки и взаимная увязка выполнения отдельных строительных и монтажных процессов.

Календарное планирование является неотъемлемым элементом организации строительного производства на всех его этапах и уровнях. Нормальный ход строительства возможен только тогда, когда заблаговременно продумано, в какой последовательности будут вестись работы, какое количество рабочих, машин, механизмов и прочих ресурсов потребуется для каждой работы. Недооценка этого влечет за собой несогласованность действий исполнителей, перебои в их работе, затягивание сроков и, естественно, удорожание строительства.

Разработанный план показан в таблице 9:

Таблица 9 – План разработки и внедрения инженерного решения

Наименование работ	Единица измерения	Объем работ	Количество дней
Подготовка и складирование материала	-	-	3
Установка вентиляторов	шт	3	1
Установка фильтра	шт	2	1
Установка системы рекуперации	шт	1	1
Установка узлов прохода вытяжных вентиляционных шахт	10 шт	1,7	1
Прокладка воздуховодов листовой, оцинкованной стали класса Н (нормальные) толщиной 0,5 мм	100 м ²	0,8	6
Установка зонтов над шахтами из листовой стали	шт	3	1
итого			13

Продолжительность работ составит 13 рабочих дней в одну смену, включая выгрузку и складирование материалов.

После одобрения плана разработки и внедрения ИР необходимо составить бюджет данного мероприятия, в котором будут показаны все затраты, необходимые для реализации задуманного мероприятия. Бюджетный план ИР представлен в таблице 10:

Таблица 10 – Бюджетный план

Наименование расходов	Ед. изм.	Количество ед.	Стоимость, руб.	
			за ед.	всего
1	2	3	4	5
Закупка оборудования				
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,05 м	м.п.	6	1200	7200
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,28 м	м.п.	25	560	14000
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,31 м	м.п.	1,5	370	555
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,35 м	м.п.	1,5	540	810
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,40 м	м.п.	5,5	850	4675
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,45 м	м.п.	26	630	16380
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,56 м	м.п.	0,5	920	460

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,63 м	м.п.	1,5	1510	2265
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,67 м	м.п.	0,5	1650	825
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,71 м	м.п.	1,5	1720	2580
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,75 м	м.п.	2	1790	3580
оцинкованный воздуховод круглого сечения диаметром 0,80 м	м.п.	8	1870	14960
ответвления под прямым углом	шт	13	800	10400
прямой тройник с	шт	4	600	2400
вентиляционный зонт размерами 0,9х1,2 м	шт	3	6000	18000
радиальный вентилятор низкого давления ВР86- 77-8	шт	1	45700	45700
радиальный вентилятор среднего давления ВР280-46-2,5	шт	1	8800	8800
радиальный вентилятор ВР86-77м-3,15	шт	1	9300	9300
воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr- 250	шт	1	1530	1530
воздушный фильтр-бокс Shuft с фильтром FBCr- 450	шт	1	3380	3380

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5
рекуперативная установка Salda на базе рекуператора RIRS 3000 HW	шт	1	312380	312380
Монтаж оборудования				
монтаж радиального вентилятора	шт	3	4400	13200
подъем системы до проектной отметки	-	-	15000	15000
установка фильтра	шт	2	440	880
монтаж воздуховода	м.п.	79,5	700	55650
изготовление отверстий в стенах под воздуховод	шт	4	1000	4000
Итого:			558510	

После проведенных расчетов необходимо оценить риски мероприятия, которые могут неблагоприятно воздействовать на выполнение задуманного мероприятия. Такими рисками могут быть вызваны как непрофессионализмом работников, так и другими факторами. Основные риски при внедрении в учебно-лабораторный корпус ЮТИ ТПУ системы вентиляции и ее реализации представлены в таблице 11:

Таблица 11 – Основные риски

Наименование	Характеристика
Риск участников проекта	Связан с сознательным/принудительным невыполнением работника своей функции, что может привести к эффекту «цепной реакции», создав неблагоприятную обстановку работу. Этот риск может проявиться из недобросовестности нанятого персонала, непрофессионализмом или малым финансированием.
Риск повышенной сметной стоимости проекта	Причинами сметной стоимости могут быть: ошибки в проектировании, несостоятельность подрядчиков эффективно использовать ресурсы и др. Данный риск может создать заминки в работе и увеличение срока реализации проекта.
Задержка ввода проекта в эксплуатацию	Причинами данного риска становятся: ошибки в расчете проекта, некомпетентность подрядчиков, а также задержки поставки материалов и др.

Продолжение таблицы 11

Наименование	Характеристика
Производственный риск	Обусловлен техническими или экономическими причинами (увеличение растрат на проект в следствии ошибок в расчетах).
Риск, связанный с управлением	Характеризуется непрофессионализмом руководствующего персонала.
Финансовые риски	Содержат в себе совокупность всех рисков, связанных с финансами.
Политические риски	Связаны с политическими устоями местности проведения работ.
Форс – мажорные риски	Риски. Которые трудно предусматривать: землетрясения, пожары, забастовки и др.

Вывод

Из проделанной работы следует вывод, что затраты (без учета рисков) на разработку и внедрение инженерного решения в эксплуатацию потребуется 558510 рублей. Из общей суммы 469780 рублей уходит на закупку необходимого оборудования и материалов, самые дорогие из которых:

- рекуперативная установка Salda на базе рекуператора RIRS 3000 HW – 1 штука;

- радиальный вентилятор низкого давления ВР86-77-8 – 1 штука.

88730 рублей уходит на оплату труда рабочим по установке и монтажу оборудования, самые значительные затраты суммы:

- монтаж воздуховода – 55650 рублей;
- монтаж радиального вентилятора – 13200 рублей;
- подъем системы до проектной отметки – 15000 рублей.

Проект будет полностью возведен через 14 дней.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО

Институт		Кафедра	
Уровень образования		Направление/специальность	

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера). 	...
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	...

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредностей, её связь с разрабатываемой темой; -действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 	...
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т. ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	...
<p>3. Охрана окружающей среды:</p>	...

<ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий. 	
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчетному заданию (обязательно для специалистов)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

5. Описание рабочего места

Здание учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ имеет общую площадь равную 540 м² (размеры помещения 18x30 м). Рабочая площадь здания - 340 м². В рабочей зоне расположено оборудование для сварки, резки и нагрева различных видов металла (сварочные аппараты аргодуговой сварки с использованием в сварочном производстве углекислого газа и аргона, запасенного в баллонах; аппарат плазменной резки металла с использованием аргона запасенного в баллонах; металлургические печи с температурой нагрева до 1300°С). Категория работ в помещении – Пб (в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96), ТНС-индекс (индекс тепловой нагрузки среды, характеризующий сочетание действия на человека параметров микроклимата) – 19,5-23,9; интенсивность энергозатрат при выполнении работ – 233-290 Вт[1].

При работе учебно-лабораторного корпуса на человека могут влиять следующие вредные и опасные факторы: сварочная пыль; ультрафиолетовое излучение; видимый свет; инфракрасное излучения; ионизирующее излучение; шум; ультразвук; лазерные лучи; электрический ток; искры, брызги, выбросы расплавленного металла; механические опасности; взрыв систем под давлением.

Данное здание и проводимые в нем работы не несут серьезного влияния на окружающую среду. Под воздействие вредных для окружающей среды попадают атмосфера (выбросы в атмосферу отработанного и запыленного воздуха) и литосфера (захоронение отработанных сварочных электродов и прочего производственного мусора).

5.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой среды.

При работе учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ были выявлены следующие вредные факторы, влияющие на человека и окружающую среду: сварочная пыль; инфракрасное излучение; ультрафиолетовое излучение;

видимое световое излучение; шум; ионизирующее излучение; ультразвук; лазерные лучи.

В процессе работы сварочного оборудования в закрытом помещении в воздух выделяется сварочная пыль в виде аэрозоля, которая содержит в себе мелкие взвешенные частицы металлов в твердой фазе. При повышенной концентрации в воздухе данных частиц возможно развитие профессиональных и онкологических заболеваний дыхательных путей рабочего персонала, находящегося в рабочей зоне. К таким заболеваниям относят бронхит, пневмокониоз и др [14].

Нормирование и измерение содержания в воздух рабочей зоны вредных веществ производится в соответствии с нормативными документами [8,31,32,33]. Содержание сварочной пыли в воздухе рабочего помещения должно равняться 4 мг/м^3 [31]. Практически данное содержание в воздухе рабочего места сварочной пыли в пределах нормы.

Для защиты рабочего персонала от вредного воздействия сварочной пыли достаточно обеспечить постоянное проветривание помещения.

При проведении сварочных работ сварочная дуга испускает видимое яркое свечение и невидимое глазу ультрафиолетовое и инфракрасное излучение. Интенсивность этих свечений зависит от силы сварочного тока и величины напряжения. Видимое свечение в силу своей яркости способствует ослеплению рабочего; короткие ультрафиолетовые лучи вызывают электроофтальмию; инфракрасные лучи обладают сильно выраженным тепловым эффектом, напрямую зависящие от мощности сварочной дуги. При длительном воздействии инфракрасного излучения возможно развитие дерматита, получение ожога или теплового удара; при прямом наведении инфракрасных лучей на глаза рабочего вероятно развитие катаракты или ожога сетчатки. Нормирование видимого света, ультрафиолетового и инфракрасного излучения производится в соответствии с нормативными документами [34,37].

Установлены допустимые величины ультрафиолетового излучения на постоянных и непостоянных рабочих местах (облученность) от

производственных источников с учетом спектрального состава излучения для областей:

- длинноволновой - 400 - 315 нм - УФ-А
- средневолновой - 315 - 280 нм - УФ-В
- коротковолновой - 280 - 200 нм - УФ-С[34].

Учитывая, что при электросварке на сварщика действуют не только прямая ультрафиолетовая радиация, но и рассеянная, отраженная от окружающих поверхностей, необходимо окрашивать стены кабин и сварочных цехов, переносные ширмы в светлые матовые тона с применением цинковых белил, желтого крона или титановых белил, которые поглощают ультрафиолетовые лучи. Кожа и глаза сварщика должны быть защищены от воздействия лучей дуги. Кожа тела защищается специальной рабочей одеждой, лицо защищается щитком или шлемом, кисти рук — рукавицами, а глаза — специальными стеклами-светофильтрами, вставляемыми в щиток или шлем. В масках или шлемах между темным и прозрачным стеклами должен быть зазор 0,5—1 мм, чтобы защитить глаза от перегрева. При работе на стационарных сварочных станках или установках для защиты сварщика-оператора от излучений дуги устанавливают откидные экраны со светофильтрами. Размер экрана должен быть не менее 200х200 мм.

При электродуговой сварке алюминиевых сплавов с подогревом сварщиков необходимо обеспечивать обувь с толстой теплоизоляционной подошвой и специальными подлокотниками и наколенниками. Для защиты от излучений дуги сборщиков, непосредственно работающих со сварщиками, следует снабжать сварочными масками. Для защиты окружающих лиц место сварки следует ограждать переносными щитами или экранами (ширмами).

Уровень шума при сварочных работах зависит от режима сварки. Так, при механизированной сварке в углекислом газе при изменении силы тока от 200 до 450 А уровень шума возрастает от 86 до 97 дБА, а при сварке в аргоне увеличение тока от 150 до 500 А приводит к росту интенсивности шума от 90 до 150 дБА, т.е. на отдельных режимах превышает норму [14].

В данном помещении уровень шума при работе на сварочном или режущем оборудовании при условии работы вентиляционной системы составляет 85-90 дБА, что при длительном воздействии на человека является вредным фактором и может со временем привести к развитию тугоухости.

Для защиты рабочего от прямого воздействия звуковой энергии на пути распространения звуковых волн устанавливают отражающие экраны, которые весьма эффективны при защите от высокочастотных составляющих спектра шума. Звукопоглощающие облицовки из волокнистых материалов позволяют снизить уровень шума на 8-12 дБА, причем большее снижение происходит на высоких частотах.

В качестве индивидуальной защиты рабочих от шума применяют вкладыши из ваты, пропитанной воском или глицерином, или пробочки из губчатой резины, закладываемые в наружное отверстие уха, и специальные противошумы, плотно закрывающие ухо.

При работе на аппарате плазменной резки металлов отмечается интенсивное воздействие на рабочих ультразвука. Ультразвук распространяется как в воздушной среде (воздушный ультразвук), так и контактным способом через твердую среду металла и оборудования (контактный ультразвук). Нормирование ультразвуковых волн в производственном помещении определяется в соответствии с ГОСТ 12.1.001-89.

В соответствии с данным документом, звуковое давление ультразвука не должно превышать 100 дБ, а при контактном способе передачи ультразвука – не более 105 дБ [35].

Практически, при работе на аппарате плазменной резки металлов, уровень ультразвука колеблется в пределах 95-105 дБ, что является нормальным для данного вида работ.

В целях защиты рабочего персонала от воздействия ультразвуковых волн необходимо обеспечить оборудование дистанционным управлением, автоблокировкой процесса для проведения вспомогательных работ.

Для защиты рук от возможного неблагоприятного воздействия контактного ультразвука в твердой или жидкой средах необходимо применять две пары перчаток - резиновые (наружные) и хлопчатобумажные (внутренние) или только хлопчатобумажные. Для защиты работающих от неблагоприятного воздействия воздушного ультразвука следует применять противошумы в соответствии с ГОСТ Р 12.4.213-99 [35].

При работе аппарата плазменной резки металлов образуется ионизирующее излучение. При воздействии на человека длительное время оно способно вызывать развитие раковых заболеваний кожи или внутренних органов (при вдыхании ионизированного воздуха), а также покраснение кожных покровов, выпадение волос и развитие лучевой болезни. Уровень воздействия ионизирующего излучения на человека в большей степени зависит от получаемой дозы облучения, а также от времени воздействия данного фактора на человека. Нормирование ионизирующего излучения производят в соответствии с СанПиН 2.6.1.2523-09[36].

Для защиты от ионизирующего излучения необходимо сокращать время работы источников ионизирующего излучения и их мощность, увеличивать расстояние от источника излучения до оператора, устанавливать на время работы защитные экраны, поглощающие ионизирующие лучи, переводить работу источников ионизирующего облучения на автоматический режим. В качестве индивидуальной защиты необходимо использовать халаты и комбинезоны, а также шапочки, пошитые из хлопчатобумажной ткани. Органы зрения защитят от ионизирующего излучения очки, в которые вставляют специальные содержащие вольфрам, свинец или фосфат стекла.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата описаны в СН 2.2.4.548-96 [37]. Сварочные работы относятся к категории работ Пб. Для данного вида работ в таблице 12 представлены допустимые и оптимальные показатели микроклимата, а также приведены результаты измерений параметров микроклимата для исследуемого объекта.

Таблица 12 – параметры микроклимата объекта исследования и их нормирование

	Оптимальные		Допустимые				Параметры микроклимата объекта исследования
			Теплое время года		Холодное время года		
	Теплое время года	Холодное время года	Ниже оптимальных	Выше оптимальных	Ниже оптимальных	Выше оптимальных	
Температура воздуха, °С	19-21	17-19	16-18,9	21,1-27	15-16,9	19,1-22	15,7
Относительная влажность воздуха, %	40-60	40-60	15-75		15-75		49,7
Скорость потоков воздуха, м/с	0,2	0,2	-	0,2-0,5	-	0,2-0,4	0,3
Температура поверхностей, °С	18-22	16-20	15-28		14-23		18,3

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что показатели микроклимата учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ являются допустимыми.

5.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой среды

В процессе работы учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ возможно проявление следующих опасных факторов, воздействующих на рабочий персонал:

- электрический ток;
- искры, брызги расплавленного металла;
- движущиеся механизмы;
- возможность взрыва систем под высоким давлением.

Меры защиты рабочих от большинства опасных факторов представлены в ГОСТ Р ИСО 11611-2011 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от искр и брызг расплавленного металла при сварочных и аналогичных работах. Технические требования».

Во время проведения сварочных работ не исключено разбрызгивание расплавленного металла, который может попасть на кожу человека, вызывая сильные ожоги. Особо опасными видами работ по данному фактору являются работы с аппаратами ручной дуговой сварки, плазменной и газовой сварки, газовой резки, дуговая сварка в защитных газах. Во время работы может происходить разбрызгивание как электрода, так и свариваемого материала.

При контактной сварке достаточной защитой от брызг и выплесков металла является фартук из плотной хлопчатобумажной ткани. Для защиты глаз от брызг расплавленного металла и искр при работе на контактных машинах рабочий должны надевать очки с простыми стеклами. При сварке на машине для стыковой сварки с целью защиты от отлетающих брызг следует пользоваться брезентовым костюмом и работать в головном уборе.

Нагрев некоторых элементов сварочных, режущих и плавильных агрегатов может привести к травматизму, связанному с термическим воздействием. Поражение происходит за счет непосредственного контакта с нагретой поверхностью или элементом аппаратуры. Нагревание элементов и аппаратов происходит за счет подачи электрического тока. В сварочных аппаратах наиболее опасным элементом является сварочная дуга, в промышленных печах – разогретые стены, в аппаратах плазменной резки – лазерный луч; а также обрабатываемый металл.

Поражение электрическим током происходит при прикосновении с токоведущими частями электропроводки и сварочной аппаратуры, применяемой для дуговой, контактной и лучевой видов сварки. Токи, проходящие через тело человека, величиной более 0,05 А (при частоте 50 Гц) могут вызывать тяжелые последствия и даже смерть.

Электробезопасность обеспечивается:

- выполнением требований к электробезопасности электросварочного оборудования, надежной изоляцией, применением защитных ограждений, автоблокировки, заземлением электрооборудования и его элементов, ограничением напряжения холостого хода источников питания;

- индивидуальными средствами защиты (работа в сухой и прочной спецодежде и рукавицах, в ботинках без металлических шпилек и гвоздей);

- соблюдением условий работы (прекращение работы при дожде и сильном снегопаде при отсутствии укрытий; пользование резиновым ковриком, резиновым шлемом и галошами при работе внутри сосудов.

Причинами пожара при сварочных работах могут быть искры и капли расплавленного металла и шлака, неосторожное обращение с пламенем горелки при наличии горючих материалов вблизи рабочего места сварщика.

Основные требования пожарной безопасности изложены в ППБО 07-91 «Правила пожарной безопасности для учреждений здравоохранения». Места, где выполняется сварка, должны быть оснащены огнетушителями, ящиками с песком, лопатами и совками, бочками или ведрами с водой. Деревянные конструкции, расположенные ближе 5 м от сварочных постов, оштукатуривают или обивают листовым асбестом или листовой сталью по войлоку, смоченному в глинистом растворе. В зоне попадания брызг металла и искр не должно быть воспламеняющихся предметов. Легковоспламеняющиеся и взрывоопасные материалы должны быть на расстоянии не менее 30 м от места сварки. Деревянные полы, настилы, помосты при необходимости защищают от искр и капель расплавленного металла и шлака листами асбеста или железа. Сварщики обеспечиваются спецодеждой, обувью, рукавицами и головным убором.

Сварочные работы производят не только в воздушной, но и в средах других газовых смесей. Для этой цели используют газы, запасенные в баллонах высокого давления. В учебно-лабораторном корпусе ЮТИ ТПУ используются в основном углеводород и аргон. Транспортировка и хранение баллонов с газами должна производиться в соответствии с ГОСТ 26460-85 «Продукты разделения

воздуха. Газы. Криопродукты. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

5.3 Охрана окружающей среды

В ходе работы учебно-лабораторного корпуса производится загрязнение атмосферного воздуха пылью, содержащей частицы металлов. Выброс данного загрязняющего вещества производится через систему вентиляции. Однако эти загрязнения не превышают ПДВ.

В процессе работы основными отходами производства являются:

- шлак сварочный;
- остатки и огарки стальных сварочных электродов;
- флюсы;
- остатки стальной проволоки.

Данные отходы относятся к IV классу и являются не токсичными. В процессе их накопления данный вид отходов складировать в специальном контейнере, после чего вывозят на полигон ТБО.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами или экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты. Стены и оборудование цехов (участков) электросварки необходимо окрашивать в серый, желтый или голубой тона с диффузным (рассеянным) отражением света. Расстояние между оборудованием, от оборудования до стен и колонн помещения, а также ширина проходов и проездов, должны соответствовать действующим строительным нормам технологического проектирования заготовительных цехов и ГОСТ 123.002-75. Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м. Полы производственных помещений для выполнения сварки должны

быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям. Производственные помещения должны быть оборудованы общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией, соответствующей строительным нормам и правилам отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Освещение при выполнении сварки внутри замкнутых и труднодоступных пространств (котлов, отсеков, цистерн) должно осуществляться наружным освещением светильниками направленного действия или местным освещением ручными переносными светильниками с напряжением не более 12 В. При этом освещенность рабочей зоны должна быть не менее 30 лк.

Рабочие места сварщиков в здании учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ полностью соответствуют предъявленным требованиям и в изменениях не нуждаются.

Также необходимо рассчитать показатель освещенности помещения и сравнить с нормируемым. В учебно-лабораторном корпусе согласно СНиП 23-05-95 норма освещения составляет не менее 200 лк. Разряд зрительной напряженности – VII (по ВСН 196-83).

Расчет общего равномерного освещения начинается с выбора источника освещения. Источниками освещения являются лампы накаливания, люминесцентные и ртутные лампы. Для освещения рабочего пространства учебно-лабораторного корпуса ЮТИ ТПУ можно использовать лампы накаливания.

В качестве осветительного прибора выбираем промышленный уплотненный светильник (ПУ), который соответствует параметрам нашего помещения и подходит для предполагаемой мощности ламп.

По таблице 2 источника 38 находим величину освещенности помещения ($E = 200$ лк). По таблице 3 источника 38 находим коэффициент запаса, который зависит от запыленности светильников ($K_3=1,7$).

После получения необходимых данных вычисляется расстояние между светильниками и их расположение у стен. В нашем случае возможно размещение светильников по квадрату, что обеспечит наибольшую равномерность освещения. Существует наивыгоднейшее соотношение расстояний между светильниками и высотой их подвеса. Данное соотношение вычисляется по формуле 25:

$$\lambda = \frac{L}{h}, \quad (25)$$

где L – расстояние между светильниками, м;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Для определения высоты подвеса светильника необходимо определить наименьшую высоту подвеса над полом (таблица П.1.6 источника 39, $h_2=3$ м) и высоту рабочей поверхности ($h_1=0,8$ м). Находим значение λ по таблице П.1.9 источника 39 ($\lambda = 1,8$). Высота подвеса светильника находится по формуле 26:

$$h = h_2 - h_1, \text{ м} \quad (26)$$

$$h = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м}$$

Преобразовав формулу 25 можно найти расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h, \text{ м} \quad (27)$$

$$L = 1,8 \cdot 2,2 = 4 \text{ м}$$

Расстояние от стен до крайних светильников принимается в три раза меньше расстояния между светильниками и составляет 1,3 м.

Схематическое расположение светильников показано в приложении В.

Исходя из размеров помещения, размеров светильников и расстояния между ними определяем, что число светильников в ряду – 8, число рядов – 5. В общем светильников должно быть 40.

Для определения величины светового потока необходимо определить коэффициент использования светового потока. Он зависит от индекса помещения и коэффициентов отражения.

Индекс помещения находится по формуле 28:

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (2)$$

8)

где S – площадь помещения, m^2 ;

A, B – размеры сторон помещения, m .

$$i = \frac{540}{2,2 \cdot (30 + 18)} = 5,11$$

Коэффициенты отражения стен и потолка определяются приблизительно из таблицы П.1.15 источника 36 ($p_c = 30\%$, $p_n = 50\%$). По таблице П.1.12 источника 36 определяем коэффициент использования светового потока ($\eta = 54\%$).

Величина светового потока рассчитывается по формуле 29:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta}, \text{ лм}, \quad (2)$$

9)

где Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z=1,15$.

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,7 \cdot 540 \cdot 1,15}{40 \cdot 0,54} = 9775 \text{ лм.}$$

Из таблицы П.1.1 источника 36 определяем тип лампы. Это будет лампа накаливания мощностью 700 Вт и напряжение 220 В.

Таким образом, система общего освещения учебно-лабораторного корпуса должна состоять из 40 светильников типа ПУ с лампами накаливания мощностью 700 Вт, построенных в 5 рядов по 8 светильников.

5.6 Заключение

В ходе выполнения данного исследования было выявлено, что влияние вредных и опасных факторов на производственный персонал и проживающих вблизи объекта исследования людей находятся в пределах нормы. На момент исследования не в полной мере устранено вредное воздействие сварочной пыли, что может повлечь за собой развитие заболеваний дыхательных путей. Необходимо:

- обеспечить выведение загрязненного воздуха и поступление свежего воздуха в достаточном объеме, установленном СНиП 41-01-2003;
- обеспечить рабочих СИЗ от сварочной пыли (ГОСТ Р ИСО 11611-2011);
- рассмотреть возможность перехода на технологический процесс, способствующий уменьшению образования сварочной пыли.

Список использованных источников:

1. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
2. СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
3. Микроклимат производственных помещений [Электронный ресурс] / Студопедия – URL: http://studopedia.ru/6_170952_mikroklimat-proizvodstvennih-pomeshcheniy.html.
4. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ (ред. от 03.07.2016).
5. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 4 мая 1999 г. N 96-ФЗ (ред. от 23.07.2013).
6. Русак О.Н. Промышленная вентиляция: учебное пособие / О.Н. Русак. – СПб.: СПбГЛТУ, 2011.
7. Воздух – роль воздуха в жизни человека, растений и животных населения [Электронный ресурс] / Сезоны года – URL: <http://сезоны-года.рф/%D0%B2%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%83%D1%85.html>.
8. ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
9. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
10. Загрязнение воздуха и методы очистки [Электронный ресурс] / Лекция – URL: <http://lektsia.com/4xb20c.html>.
11. Апостолук С.О. Промышленная экология: учебное пособие / С.О. Апостолук. – К.: Знание, 2005.
12. Страус В. Промышленная очистка газов: пер. с англ. / В. Страус – М.: Химия, 1981.
13. ПЭУ-99 Правила эксплуатации установок очистки газа (от 1.01.1981).

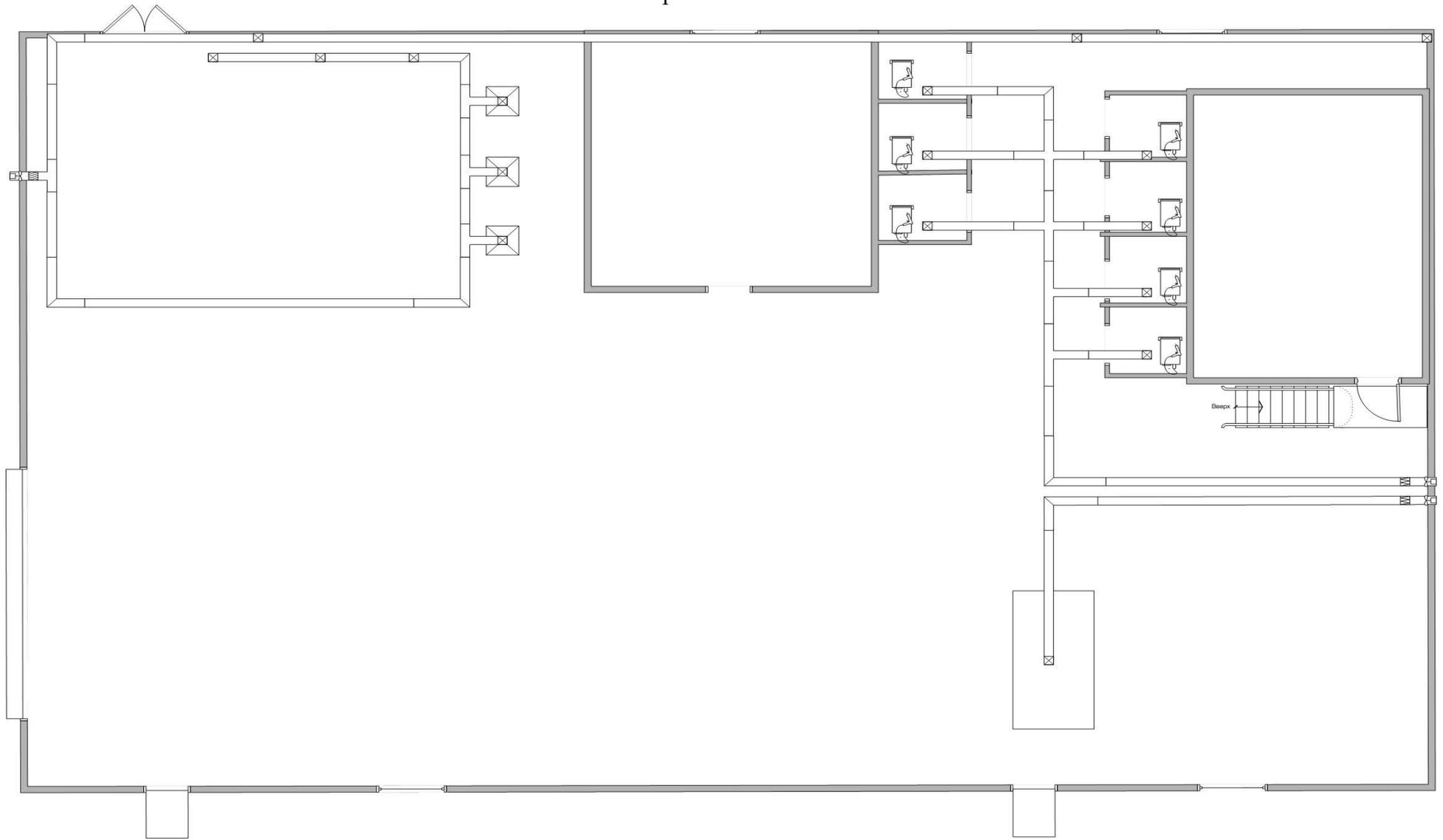
14. Бахмат Г.В. Справочник инженера по эксплуатации нефтегазопроводов и продуктопроводов: учебно-практическое пособие / Г.В. Бахмат. – М.: Инфра-инженерия, 2006.
15. Вентиляция зданий: принцип работы, классификация [Электронный ресурс] / ТопДомРемонт – URL: <http://topdomremont.ru/blogs/ventilyaciya-zdaniy-princip-raboty-klass>.
16. История появления и развития вентиляционных систем [Электронный ресурс] / Ремтехстрой – URL: <http://teploeffect.ru/istoriya-poyavleniya-i-razvitiya-ventilyacionnyx-sistem>.
17. Устройство городов и домов [Электронный ресурс] / historie: история цивилизаций – URL: <http://www.historie.ru/civilizacii/egipt/42-povsednevnyaya-zhizn-egiptyan-ustroystvo-gorodov-i-domov.html>.
18. Опыт Лавуазье [Электронный ресурс] – URL: <http://school-collection.lyceum62.ru/ecor/storage/autoindex/f30f3114-a3f7-dc81-2133-cd9b4d3b1a82/00149186277272947/00149186277272947.htm>.
19. Вентилятор [Электронный ресурс] / История вещей – URL: <http://история-вещей.рф/byitovaya-tehnika/ventilyator.html>.
20. Ушаков Д.Н. Толковый словарь русского языка / Д.Н. Ушаков. – М.: Альфа –Принт, 2005.
21. Вентиляция [Электронный ресурс] / Википедия – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B8%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F#.D0.9C.D0.B5.D1.85.D0.B0.D0.BD.D0.B8.D1.87.D0.B5.D1.81.D0.BA.D0.B0.D1.8F_.D0.B2.D0.B5.D0.BD.D1.82.D0.B8.D0.BB.D1.8F.D1.86.D0.B8.D1.8F
22. Естественная вентиляция [Электронный ресурс] / Remoo – URL: <http://1poclimaty.ru/vidy/estestvennaya-i-iskusstvennaya-ventilyaciya.html>.
23. Искусственная вентиляция [Электронный ресурс] / Медицинский справочник – URL: <http://www.medical-enc.ru/gigiena/iskusstvennaya-ventilyaciya.shtml>

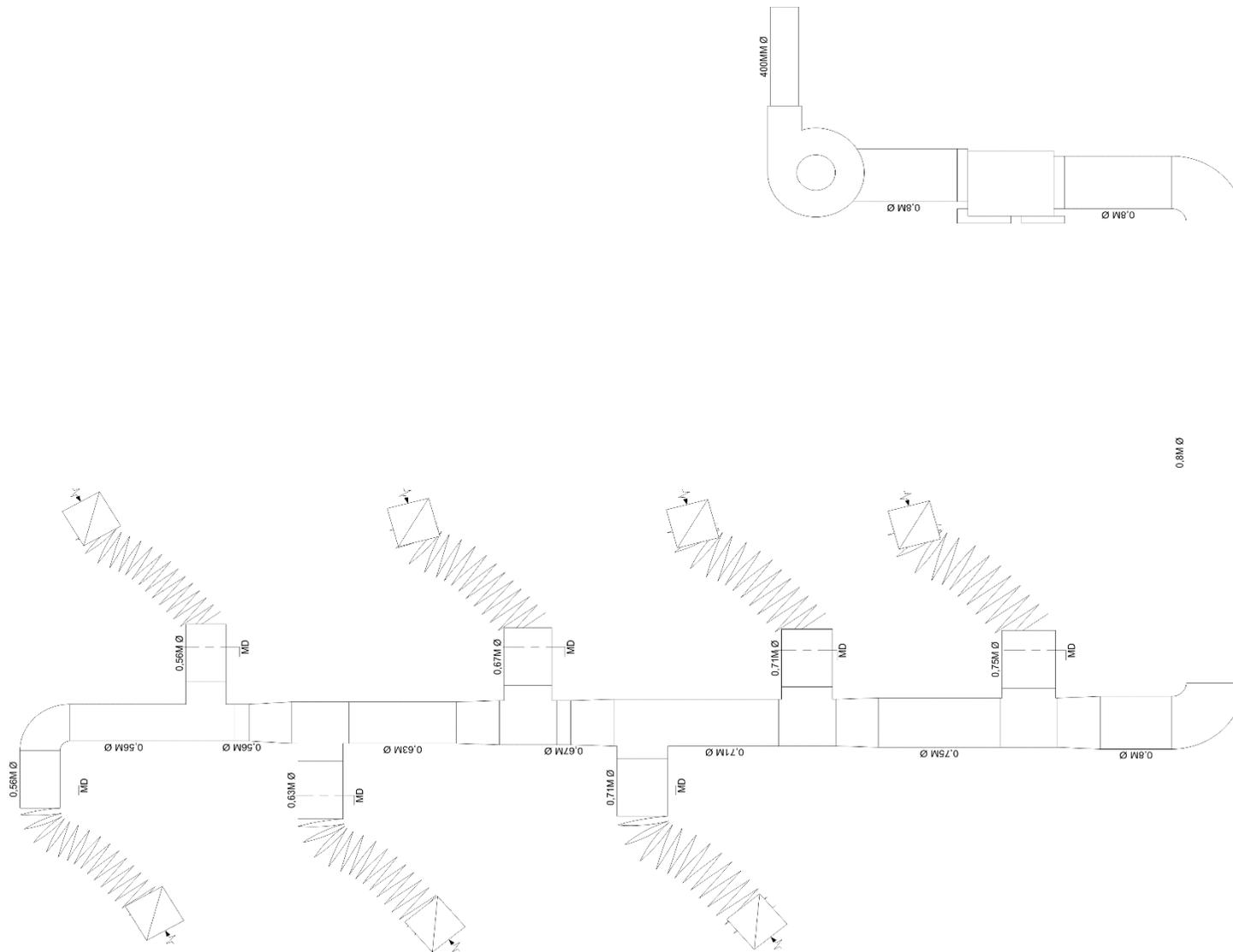
24. Хохлов Н.А. Промышленная вентиляция: учебное пособие / Н.А. Хохлов. – СПб.: СПбГЛТУ, 2013.
25. Виды и принцип работы вентиляции с рекуперацией [Электронный ресурс] / Вентиляция от А до Я – URL: <http://oventilyatsii.ru/vidy-i-princip-raboty-ventilyacii-s-rekuperaciej.html>.
26. Системы вентиляции с рекуперацией тепла [Электронный ресурс] / Строим свой дом – URL: <http://stroimsvoidom.com/sistemy-ventilyacii-s-rekuperaciej-tepla/#i>.
27. Рекуперация тепла в системах вентиляции [Электронный ресурс] / Вентиляция от А до Я – URL: <http://oventilyatsii.ru/rekuperaciya-tepla-v-sistemah-ventilyacii.html>.
28. Русак О.Н. Основы вентиляции: учебное пособие / О.Н. Русак. – СПб.: МАНЭБ, 2004.
29. Русак О.Н. Наладка и эксплуатация вентиляционных систем: учебное пособие / О.Н. Русак, В.И. Полушкин – СПб.: МАНЭБ, СПбГЛТА, 1998.
30. Анемометры [Электронный ресурс] / Медицинский справочник – URL: <http://www.medical-enc.ru/1/anemometry.shtml>.
31. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
32. ГОСТ 12.1.016-79 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ.
33. МУ N 3936-85 Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
34. СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.
35. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
36. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности.

37. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
38. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
39. Гришагин В.М. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие для студентов заочной формы обучения / В.М. Гришагин, В.Я Фарберов – Юрга: ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2012.
40. Дроздов В.Ф. Отопление и вентиляция: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» / В.Ф. Дроздов. – М.: Высшая школа, 1984.
41. Кострюков В.А. Отопление и вентиляция: учебник для техникумов / В.А. Кострюков. – М.: Стройиздат, 1965.
42. Фокин С.В. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: устройство, монтаж и эксплуатация: учебное пособие для студентов образовательных учреждений профессионального образования / С.В. Фокин, О.Н. Шпортъко. – М.: Альфа, 2011.
43. Богословский В.Н. Отопление и вентиляция / В.Н. Богословский, В.П. Щеглов. – М.: Стройиздат, 1970.
44. Бромлей М.Ф. Технические испытания вентиляционных установок / М.Ф. Бромлей, В.В. Кучерук. – М.: Стройиздат, 1952.
45. Бромлей М.Ф. Проектирование отопления и вентиляции производственных зданий / М.Ф. Бромлей, В.П. Щеглов – М.: Стройиздат, 1965.
46. Бутаков С.Е. Аэродинамика систем промышленной вентиляции / С.Е. Бутаков – М.: Профиздат, 1949.
47. Калинушкин М.П. Вентиляционные установки / М.П. Калинушкин – М.: Высшая школа, 1967.
48. Каменев П.Н. Динамика потоков промышленной вентиляции / П.Н. Каменев – М.: Стройиздат, 1938.
49. Каменев П.И. Отопление и вентиляция. Ч.II. Вентиляция / П.И. Каменев – М.: Стройиздат, 1964.

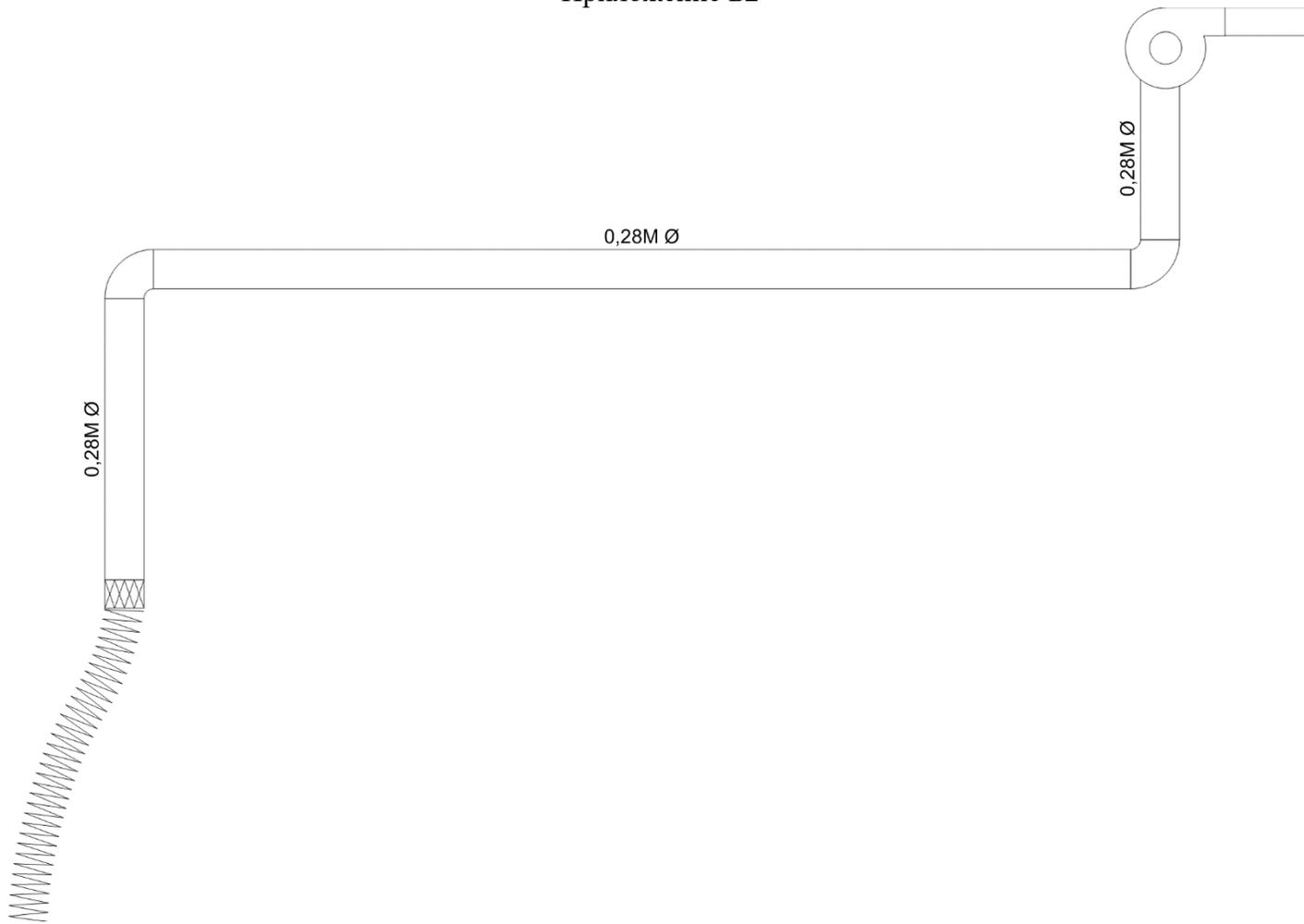
50. Троц Н.Д. Монтаж промышленной вентиляции / Н.Д. Троц – М.:
Стройиздат, 1971.

Приложение А

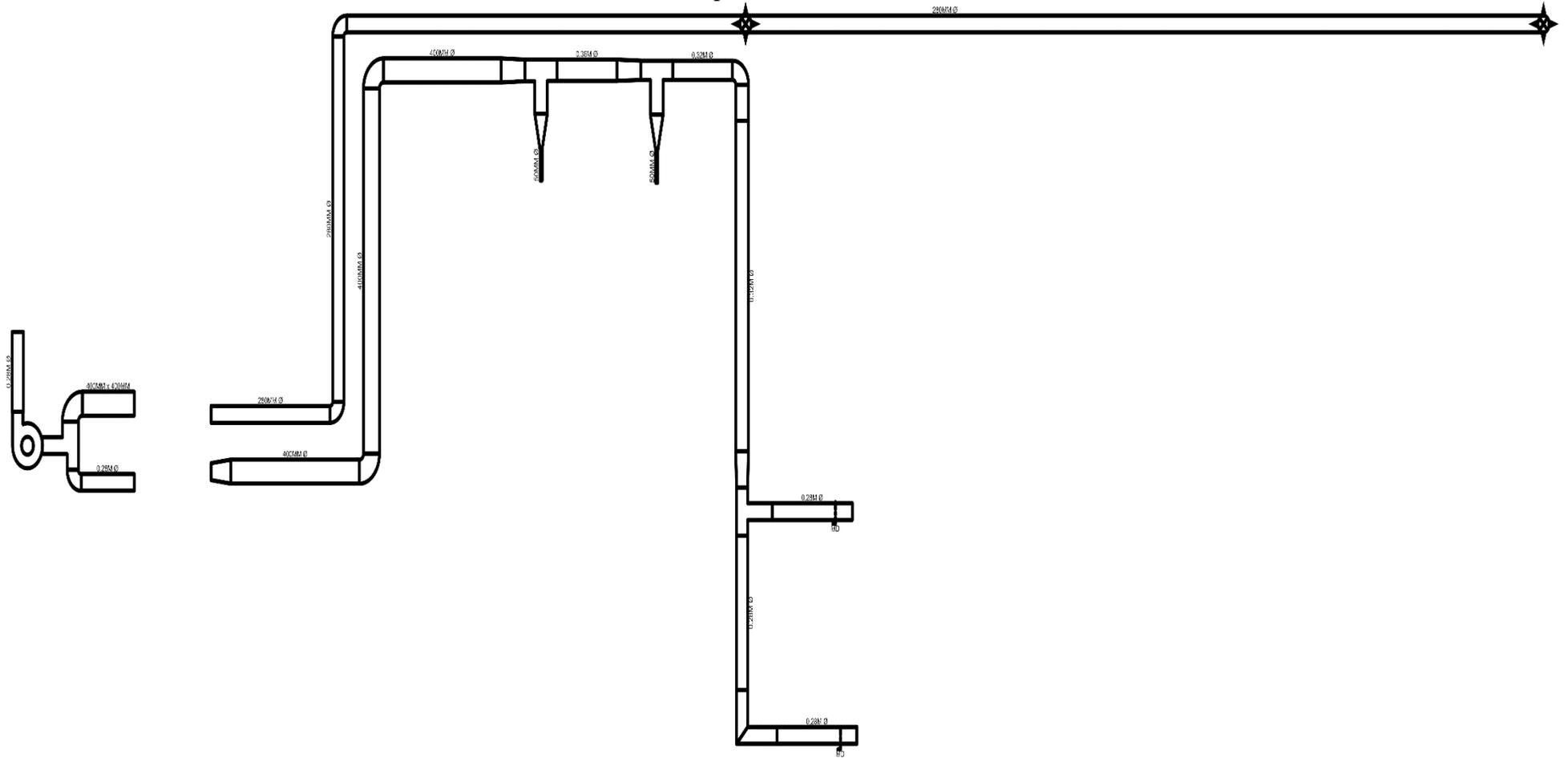




Приложение Б2



Приложение Б3



Приложение В

30000 мм

