

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

Институт энергетики и электротехники  
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»  
(наименование кафедры)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника  
(направленность (профиль) / специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему СТЕНД ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ

Студент(ка)	<u>Д.В. Игнатъев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Е.С. Глибин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>О.А. Парфенова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент А.А. Шевцов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## Аннотация

Объем 56 с., 29 рис., 14 табл., 22 источников

Данная бакалаврская работа посвящена разработке стенда для тестирования тепловых пожарных извещателей и состоит из пояснительной записки объемом и имеет графическую часть на формате А1 в количестве 8 штук.

В первом разделе рассматривается состояние вопроса и приводится предлагаемая конструкция стенда, представляющая собой замкнутую аэродинамическую трубу, ее достоинства и недостатки.

Во втором разделе производится обзор типов тепловых датчиков и принципов их работы, датчиков температуры и скорости потока воздуха, а также их выбор.

В третьем разделе производится разработка системы нагрева воздуха в канале стенда. Происходит выбор элементов системы нагрева.

В четвёртом разделе производится выбор компонентов системы замкнутой вентиляции в канале стенда. Разрабатывается система управления, позволяющая регулировать скорость движения потока воздуха в канале стенда.

В пятом разделе выбираются воздухопроводы и определяется конструкция линейаризатора.

В шестом разделе разрабатывается блок согласования и управления стендом.

В седьмом разделе определяется количество и параметры потребителей энергии, разрабатывается схема питания потребителей.

В восьмом разделе оценивается безопасность и экологичность работы, выявляются вредные и опасные факторы и меры борьбы с ними.

## **Abstract**

Length: 56 pages, 29 figures, 14 tables, 22 references.

The bachelor's thesis is devoted to the development of a test bench for heat detectors and consists of an explanatory note of 59 pages and a graphics part on 8 A1 sheets.

In the first part the state-of-the-art is reviewed and proposed test bench design that represents a closed wind tunnel with its advantages and disadvantages is given.

In the second part types of heat detectors and their operation principles, temperature and air flow sensors are reviewed and also their choice is made.

In the third part an air heating system in the test bench channel is designed. The choice of the air heating system elements is made.

In the fourth part the choice of the components of the closed air circuit in the test bench channel is made. The control system which allows to adjusting the speed of air flow in the test bench channel is developed.

In the fifth part air ducts are chosen and linearizer construction is defined.

In the sixth part the interface and test bench control unit is developed.

In the seventh part amounts and parameters of the energy consumers are determined, consumer power circuit is designed.

In the eighth part safety and ecological compatibility of the test bench operation are evaluated, harmful and dangerous factors and their control measures are detected.

## Содержание

Введение .....	5
1 Разработка конструкции и устройства лабораторного стенда.....	7
2 Выбор тепловых пожарных извещателей, датчиков температуры и скорости потока воздуха.....	10
3 Разработка системы нагрева воздуха .....	19
4 Выбор вентилятора, разработка системы регулировки скорости вращения вентилятора .....	28
4.1 Выбор вентилятора .....	28
5 Разработка конструкции линейаризатора, выбор воздуховодов .....	38
6 Разработка блока согласования и управления .....	40
7 Разработка блока питания для стенда .....	44
8 Безопасность и экологичность работы.....	47
8.1 Общее описание .....	47
8.2 Перечень вредных производственных факторов.....	48
8.3 Воздействие производственных факторов на организм работающих....	50
8.4 Организационные и технические мероприятия по созданию безопасных условий труда .....	51
8.5 Оценка травмобезопасности оборудования.....	51
8.6 Обеспечение электробезопасности в учебном помещении .....	51
8.7 Обеспечение пожарной безопасности в учебном помещении.....	52
8.8 Экологическая экспертиза .....	52
8.9 Безопасность при аварийных и чрезвычайных ситуациях.....	52
Заключение .....	53
Список используемой литературы .....	54

## Введение

По данным Управления информации МЧС РФ, в первом квартале 2019 года зарегистрировано 54 963 пожара, погибли 5 946 человек, в том числе 208 детей, а материальный ущерб составил более полутора миллиардов рублей. Таким образом, в среднем в России ежедневно происходило 611 пожаров, в результате которых гибло 66 человек. Ежедневный материальный ущерб составлял 17,2 миллиона рублей.

Очевидно, что основное внимание следует уделять вопросам предупреждения пожаров, защите людей, снижению ущерба, обнаружению пожароопасной ситуации и подавлению очага на раннем этапе. Важнейшими при этом остаются вопросы оснащения объектов современными автоматическими системами пожарной сигнализации и системами пожаротушения.

Существующее положение, когда неэффективная работа систем пожарной автоматики вызвана отказами пожарных извещателей (около 50 % от количества пожаров). В основных отечественных нормах большое внимание уделено вопросам проектирования систем, а требования по способам тестирования, по отработке ложных тревог и отказов практически не отражены. В некоторых типах извещателей при тестировании «от кнопки» проверяется только наличие питания и работоспособность индикатора, тестирование «отверткой» дымовых извещателей не гарантирует их работу в случае реального задымления и т. д. Только функциональное тестирование извещателей позволяет достоверно оценить текущие параметры извещателя в реальных условиях. При этом функциональное тестирование включает в себя соответствующее стимулирующее воздействие, что четко оговорено в нормах (*Британский стандарт BS 5839 1: 2002 п. 45.3*):

-тестирование должно гарантировать, что продукты горения из защищаемой зоны способны беспрепятственно достичь чувствительной камеры детектора.

В немецком стандарте DIN 14675: 2003-11 имеются аналогичные требования.

В 2020 годы на рынке пожарно-охранных систем будет огромный выбор пожарных извещателей, которые имеют заявленные производителем характеристики. Однако, стандартные способы проверки не позволяют оценить степень соответствия заявленных характеристик с действительными. Таким образом, тестирование ПИ должно происходить в условиях, максимально приближенных к реальным. Для подобного тестирования требуется стенд, в котором были бы учтены множество факторов, влияющих на работу ПИ.

Целью данной бакалаврской работы является разработка конструкции и устройства лабораторного стенда, позволяющего максимально приблизить испытания извещателей к натурным. В качестве ПИ выбраны тепловые извещатели.

## 1 Разработка конструкции и устройства лабораторного стенда

На сегодняшний день множество производителей пожарных систем предлагают свои устройства для тестирования ПИ, в т.ч. тепловых. Все эти устройства представляют собой небольшие переносные конструкции, осуществляющие проверку непосредственно на месте установки датчиков (рисунок 1.1). В случае тепловых ПИ, проверка осуществляется путем непосредственной подачи нагретого воздуха в камеру извещателя, где установлен чувствительный элемент. Проблемы такого тестирования изложены во введении.



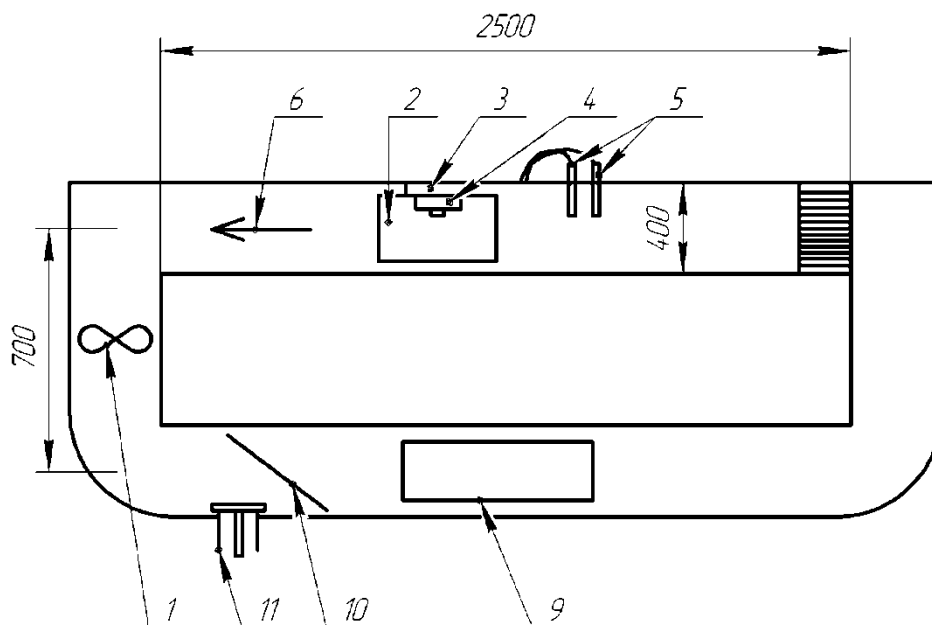
Рисунок 1.1 – Прибор для тестирования тепловых ПИ Solo 423.

На рынке пожарных систем отсутствуют установки, позволяющие протестировать ПИ в условиях, приближенных к реальным. Для разработки лабораторного стенда воспользуемся НПБ 85-2000 [1], согласно которым проводить испытания тепловых ПИ рекомендуется в тепловой камере (см. рисунок 1.2).

«Тепловая камера должна состоять из аэродинамической трубы замкнутого типа, имеющей горизонтальную рабочую секцию, поперечное сечение которой должно быть квадратным или прямоугольным. Поперечное сечение рабочей секции трубы должно быть не менее (305x305) мм, чтобы на поток воздуха вблизи испытываемого ПИ не оказывали влияния стенки.

Камера должна быть сконструирована таким образом, чтобы прямое тепловое излучение нагревателя не воздействовало непосредственно на извещатель. Испытываемый ПИ устанавливают на площадке, которая образует часть "потолка" рабочей секции. Площадка должна иметь поворотное устройство, позволяющее поворачивать извещатель на  $360^\circ$  вокруг вертикальной оси». [1]

«Приборы контроля и управления должны обеспечивать необходимые значения температуры, скорости ее повышения, а также скорости воздушного потока в непосредственной близости от испытываемого извещателя.



1 - вентилятор с двигателем; 2 - отсек для установки ПИ; 3 - площадка с поворотным устройством для установки ПИ; 4 - испытываемый ПИ; 5 - измерители температуры и скорости потока воздуха; 6 - направление потока воздуха; 7 - линейризатор; 8 - отсек холодильного агрегата; 9 - отсек нагревателя; 10 - регулятор скорости потока воздуха; 11 - вентиляционное отверстие.

Рисунок 1.2 - Тепловая камера для измерения времени и температуры срабатывания извещателей.» [1]



Данный вариант конструкции установки для тестирования избавлен от главных недостатков тестирующих комплектов (рисунок 1.1), но имеет ряд собственных:

- во-первых, значительные габариты и вес установки;
- во-вторых, конструкцией предусмотрено множество различных разрозненных устройств, что усложняет синхронизацию их работы;
- в-третьих, отсутствует единый центр управления узлами установки.

В качестве образца конструкции лабораторного стенда для тестирования тепловых пожарных извещателей возьмем вышеуказанную тепловую камеру (рисунок 1.2), устранив в ней как можно больше недостатков.

Для уменьшения количества комплектующих установки можно совместить или объединить некоторые из них. Например, использовать датчик скорости потока воздуха и температуры в одном цельном корпусе. Также можно объединить вентилятор с устройством регулировки скорости потока воздуха.

## 2 Выбор тепловых пожарных извещателей, датчиков температуры и скорости потока воздуха

Для выбора тепловых извещателей, необходимо разобраться в их устройстве, классификации, применении, методам и объемам испытаний.

«По характеру реакции на повышение температуры тепловые извещатели подразделяют на:

*максимальные тепловые пожарные извещатели* – извещатели, формирующие извещение о пожаре при превышении температурой окружающей среды установленного порогового значения, т. е. при достижении температуры срабатывания извещателя;

*дифференциальные тепловые пожарные извещатели* – извещатели, формирующие извещение о пожаре при превышении скоростью нарастания температуры окружающей среды установленного порогового значения;

*максимально-дифференциальные тепловые пожарные извещатели* – извещатели, совмещающие функции максимального и дифференциального теплового пожарного извещателя;

*тепловые пожарные извещатели с дифференциальной характеристикой* – извещатели, температура срабатывания которых зависит от скорости повышения температуры окружающей среды.» [1]

Исторически сложилось, что первыми среди пожарных извещателей (ПИ) появились тепловые. На рисунке 2.1 показана конструкция ПИ XIX века.

Тепловой пожарный извещатель конструкции XIX века. Состоит из двух проволок а и b, которые соединяются между собой шайбами с из материала, не проводящего электричества. Сбоку прибора устроена трубочка d с капсулом e, наполненным ртутью и закрываемый снизу пластиной из воска. При повышении температуры воск плавится, ртуть выливается в прибор и устанавливается контакт между двумя проволоками, вследствие чего появляется сигнал.

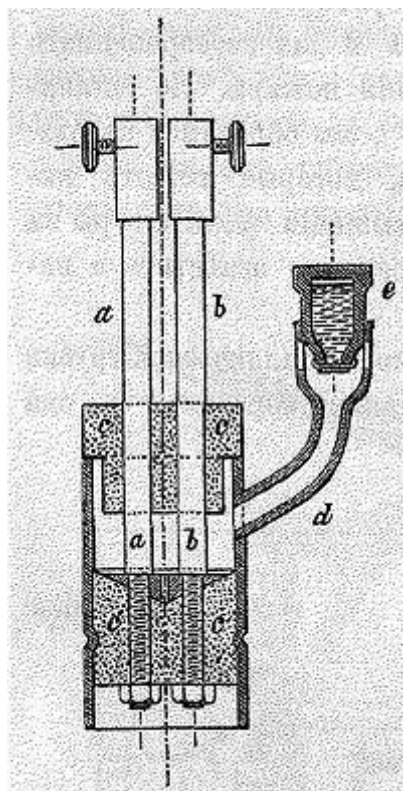


Рисунок 2.1 - Тепловой пожарный извещатель конструкции XIX века

Тепловые пожарные извещатели предназначены для регистрации изменений температуры окружающей среды. Применяются, когда:

- 1) доминирующим фактором пожара скорее всего является выделение тепла;
- 2) применение дымовых датчиков невозможно в данной точке из за влияния внешних условий;
- 3) применению датчиков прочих типов препятствует высокая концентрация аэрозольных частиц, не имеющих отношения к пожару.

В настоящее время наиболее часто используются максимальные и максимально-дифференциальные тепловые пожарные извещатели с температурой срабатывания от +54 до +70 °С.

Точечные тепловые пожарные извещатели максимального действия стоят недорого. Они срабатывают при достижении на защищаемом объекте

определенной температуры. Примером отечественного извещателя этого типа может быть ИП-105 и аналогичные.



Рисунок 2.2 – Внешний вид извещателя ИП103-5/2-А1.

Для тестирования максимальных тепловых извещателей выбран ПИ 103-5/2-А1 (рисунок 2.2). Технические характеристики извещателя указаны в таблице 2.1, Извещатель используется для установки в закрытых помещениях наземных стационарных объектов и настроен на срабатывание при достижении температуры окружающего воздуха  $60^{\circ}\text{C} \pm 5\%$ . При превышении уставки размыкаются контакты реле. Извещатель работает круглосуточно в составе пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Имеются разновидности с нормально-замкнутыми и с нормально-разомкнутыми контактами.

Данный ПИ является самым распространенным и дешевым в своем классе, прост в монтаже.

Таблица 2.1 – Технические характеристики извещателя ИП103-5/2-А1

Наименование параметра	Значение
Электрическое сопротивление замкнутых контактов извещателя, Ом, не более	0,5
Сопротивление изоляции между токоведущими частями извещателя и корпусом, МОм, не менее	20
Допустимая пониженная и повышенная температура при хранении в неподключенном состоянии, °С	-50, +50
Относительная влажность при температуре 35 °С при хранении, %	95
Ток контактов извещателя, мА, не более	30
Рабочее напряжение на контактах извещателя, В, не более	30

В состав испытываемого оборудования включен так же максимально-дифференциальный тепловой извещатель ИП101-3А-А3R1 (рисунок 2.3). Тревожное извещение формируется при изменении нарастании температуры со скоростью, превышающей 10°С в 10 минут, или при достижении температуры порогового значения. Извещатель сконструирован для круглосуточной работы в закрытых отапливаемых помещениях. Технические характеристики извещателя указаны в таблице 2.2.



Рисунок 2.3 – Внешний вид извещателя ИП101-3А-А3R1.

Таблица 2.2 - Технические характеристики извещателя ИП101-3А-А3R1

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания	10...25 В
Ток в дежурном режиме, не более	0,08 мА
Наибольший ток замыкания шлейфа, не более	20 мА
Уставка температуры по максимуму	$70 \pm 6$ °С
Интервал между измерениями температуры	8 с
Время возврата в дежурный режим при включении	5 с

Для измерения температуры в трубе можно использовать термометры сопротивления или датчики на основе термопары. Рассмотрим их преимущества недостатки.

Преимущества термопар:

- 1) большой температурный диапазон измерения: от минус 200 °С до 1800—2500 °С;
- 2) простота;
- 3) дешевизна;
- 4) надежность.

Недостатки:

- а) точность более 1 °С труднодостижима;
- б) на показания влияет температура свободных концов, на которую необходимо вносить поправку
- в) зависимость ТЭДС от температуры существенно не линейна, что создает трудности при разработке вторичных преобразователей сигнала;
- г) возникновение термоэлектрической неоднородности в результате резких перепадов температур, механических напряжений, коррозии и химических процессов в проводниках приводит к изменению градуировочной характеристики и погрешностям до 5 К.

Преимущества термометров сопротивления:

1) высокая точность измерений (обычно лучше  $\pm 1$  °С), может достигать до 0,001 °С;

2) возможность исключения влияния изменения сопротивления линий связи на результат измерения при использовании 3-х или 4-х проводной схемы измерений;

3) практически линейная характеристика.

Преимущества термометров сопротивления:

а) малый диапазон измерений (по сравнению с термопарами);

б) не могут измерять высокую температуру (по сравнению с термопарами).

Температура в канале разрабатываемого стенда будет изменяться в пределах от 25°С (комнатная температура) до 65° С. Для тестирования ПИ необходимо точно отслеживать температуру в канале. Учитывая значительную погрешность при измерениях с помощью термопары и нелинейность выходной характеристики, датчики на основе термопары в данном случае применять нецелесообразно. Термометры сопротивления лишены подобных недостатков.

Ввинчиваемый датчик температуры EM/E-U30/100EM/E (рисунок 2.4) с встроенным преобразователем выходного сигнала в величину напряжения. Нержавеющий корпус термопары дает возможность устанавливать датчик непосредственно в резервуаре или трубопроводе.



Рисунок 2.4 – Внешний вид датчика EM/E-U30/100EM/E.

Типичное применение датчика:

- а) отопление;
- б) производстве комплексного промышленного оборудования;
- в) вентиляции.

Технические данные датчика приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Характеристики датчика EM/E-U30/100EM/E

Параметр	Значение
Измерительный элемент	Pt100 DIN B
Напряжение питания, В	24+/- 6
Выходной сигнал, В	0..10
Диапазон измерения, °С	0..100
Погрешность, %	0,6
Длина погружной гильзы, мм	100
Кабельный ввод	M16
Электромагнитная совместимость	IEC 801
Способ подсоединения	винтовой зажим до 1,5 мм <sup>2</sup>

Согласно пункту 5.1.9 НПБ 85-2000 скорость воздушного потока в процессе проведения испытаний тепловых ПИ должна составлять 0,8 м/с. Измерить скорость воздушного потока можно с помощью анемометров, имеющих лопастную вертушку (рисунок 2.5), и калориметрических датчиков. Применение лопастных анемометров в данном случае невозможно, т.к. погрешность измерений при скорости потока воздуха 1-2 м/с будет значительно превышать 10% от измеряемой величины. Калориметрические датчики способны работать при малых скоростях потока воздуха (от 0,1 м/с) с погрешностью менее 10% от измеряемого значения.





Рисунок 2.5 – Внешний вид датчика лопастного анемометра.

В калориметрических приборах серии SG/C-U нет вращающихся частей, датчик потока воздуха и устройство управления объединены в одном корпусе. Кроме измерения скорости воздуха в канале прибор измеряет силу давления потока. Диапазон измеряемых скоростей от 0,1 до 30 м/с.

Дополнительные аксессуары для включения нужны. Измерительная трубка служит одновременно для фиксации при монтаже в канале.

Таблица 2.4 - Параметры датчика SG/C-U-01

Параметр	Величина
Напряжение питания, В	24+/-3
Выходной сигнал, В	0..10
Диапазон измерения, м/с	0..3
Погрешность, %	+/- 0.6
Сигнальный выход потока	линейный
Длина погружной гильзы, мм	100
Потребляемая мощность, ВА	2
Температурный диапазон среды измерения, °С	-10..+80

Схема подключения датчика изображена на рисунке 2.6.

Источник питания

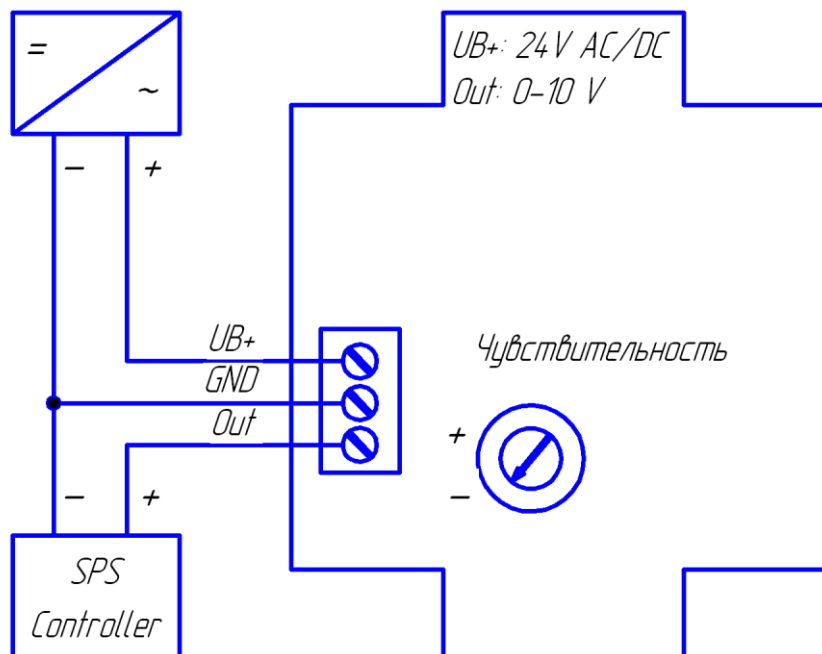


Рисунок 2.6 – Схема подключения датчика SG/C-U-01.

### 3 Разработка системы нагрева воздуха

Самым простым и дешевым способом нагрева воздуха в канале аэродинамической трубы является применение трубчатого электронагревателя (ТЭНа). Трубчатые электронагреватели выпускаются различных диаметров от 6 до 19 мм.

КПД нового ТЭНа или тэновой установки с естественной или принудительной циркуляцией составляет от 80 до 92 %. [9]. Со временем эксплуатации в различных условиях с различной интенсивностью, КПД тэна снижается и он перегорает при КПД 45 % и ниже [9], что необходимо учитывать при разработке нагревателя. По форме трубки ТЭНа выпускаются двухконцевые (когда контактные выводы расположены с двух сторон) и одноконцевые — контактами, расположенными по одну сторону нагревателя.

Для нагрева воздуха используют круглые ТЭНа (рисунок 3.1). Чтобы обеспечить требуемую скорость и величину нагрева воздуха для тестирования ПИ, необходимо регулировать мощности нагревателя. Задача обеспечения автоматической регулировки мощности нагревателя для задания нескольких режимов нагрева воздуха очень сложна, т.к. инерционность нагревателя не позволит оперативно изменить или подкорректировать режим его работы, что приведет к значительному усложнению и удорожанию системы нагрева. С учетом уменьшения со временем КПД нагревателя целесообразно пользоваться системой управления с ручной регулировкой мощности.



Рисунок 3.1 – Внешний вид круглого трубчатого ТЭНа.

Согласно практическим испытаниям для нагрева одного кубического метра воздуха требуется ТЭН мощностью 285 Вт (при нормальных условиях). Приблизительный объем разрабатываемого стенда составляет  $1 \text{ м}^3$  (при габаритных размерах установки, указанных на рисунке 1.2 и поперечному сечению воздуховода  $0,16 \text{ м}^2$ ). С учетом тепловых потерь, выбрали ТЭН мощностью 0,5 кВт марки ТЭН78А3.

При работе нагревателя значительная часть тепла будет отдаваться во внешнюю среду через стенки воздуховодов. Поэтому снаружи воздуховод должен быть покрыт теплоизоляционным материалом. В качестве теплоизоляционного материала выбрали ISOVER Классик - рулоны из минеральной ваты на основе стекловолокна высшего качества, произведенного по усовершенствованной технологии. ISOVER Классик обеспечивает эффективную тепло- и звукоизоляцию.

Преимущества материала:

- экологически чистый, негорючий и долговечный теплоизоляционный материал;
- широкая область применения;
- легкий, эластичный, удобный в работе материал;

Для управления нагревом используется механический термостат, основанный на применении биметаллических пластин.

Электрический контакт образуется между двумя проводниками, один из которых выполнен монометаллическим и неподвижен. В качестве второго контакта используется биметаллическая пластина.

2) Коммутируемый ток протекает через биметаллическую пластину, вызывая ее нагрев;

3) При одновременном повышении окружающего воздуха при заданной температуре биметаллическая пластина изгибается и разрывает контакт;

4) После размыкания происходит охлаждение пластины, биметалл вновь изгибается, замыкает цепь тока ТЭНа, цикл повторяется.

Механический термостат имеет существенный недостаток, заключающийся в том, обеспечивается низкая точность регулирования.

Для установления значения установки специальный винт изменяет предварительную силу сжатия контактов.

В процессе работы изнашиваются как сами контакты (обгорают), так и биметаллическая пластина, что сказывается на долговечности металлических термостатов.

Альтернативным способом является использование полупроводниковых ключей. В основном в качестве ключей, в сетях переменного тока применяют симисторы, имеющие симметричную вольт-амперную характеристику. Регулировка мощности нагрузки с помощью симисторов осуществляется двумя способами:

1) фазовое управление;

2) метод пропуска периодов (полупериодов).

Сущность метода управления фазой заключается в пропуске части полупериода сетевого напряжения (рисунок 3.2) Ток в нагрузке при этом пропорционален интегралу от полученного напряжения.

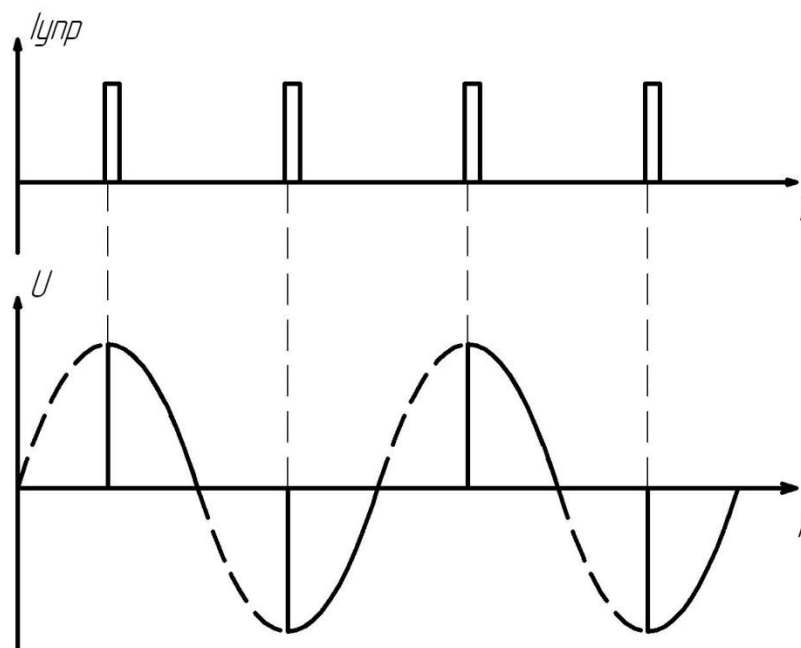


Рисунок 3.2 – Графики напряжения на нагрузке и тока управления при фазовом управлении.

*Метод пропуска периодов.* Для регулирования тока через нагрузку пропускается только часть периодов сетевого напряжения (рисунок 3.3).

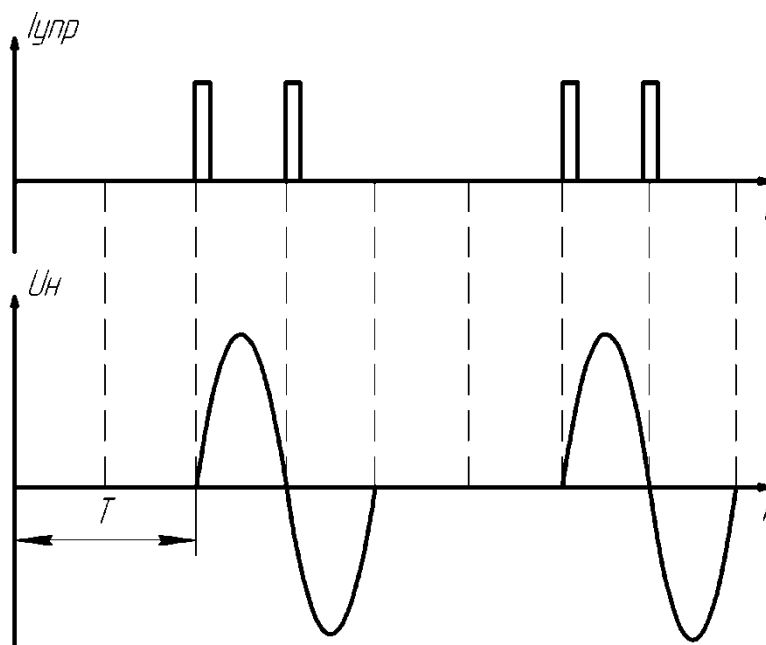


Рисунок 3.3 – Графики напряжения на нагрузке и тока управления при методе пропуска периодов.

ТЭН является резистивной нагрузкой, обладающей значительной тепловой инерцией, поэтому предпочтительнее использовать второй метод регулирования мощности.

Для обоих методов управления мощностью необходимо определение моментов перехода напряжения через нуль. Наиболее дешево и просто это можно сделать на основе логических элементов. Рассмотрим логический элемент «исключающее ИЛИ». Согласно его таблице истинности (рисунок 3.4), высокий уровень сигнала появляется на его выходе в тот момент, когда на входах различные уровни сигнала, т.е. при их несовпадении.

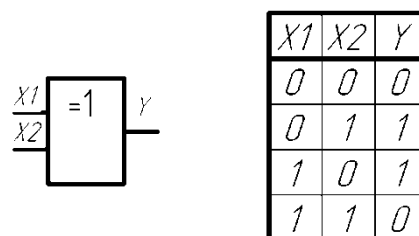


Рисунок 3.4 – Условное обозначение и таблица истинности элемента «исключающее ИЛИ».

Используя эту особенность, на основе логического элемента «исключающее ИЛИ» построили формирователь импульсов, которые будут совпадать с моментами пересечения питающего напряжения нулевого уровня. Для этого ввести задержку сигнала RC-цепью (рисунок 3.5). Тогда высокий уровень сигнала появится вблизи момента смены полярности сетевого напряжения.

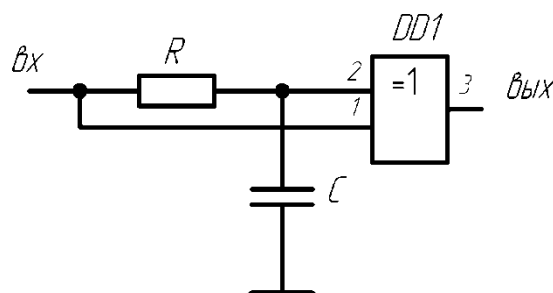


Рисунок 3.5 – Элемент «исключающее ИЛИ» с RC-цепью.

Выбрали микросхему К561ЛН2, состоящую из четырех логических элементов «исключающее ИЛИ». Характеристики микросхемы занесли в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики микросхемы К561ЛН2

Параметр	Значение
Номинальное напряжение питания, В	3...15
Выходное напряжение низкого уровня, В	0,98
Выходное напряжение высокого уровня, В	8,2

Импульсы, подающиеся на управляемый электрод симистора будем задавать с помощью генератора, реализованного на двух элементах «исключающее ИЛИ», и работающего в режиме инвертора. Для обеспечения режима инвертора достаточно один из входов элементов подать напряжение высокого логического уровня (рисунок 3.6). Чтобы регулировать скважность импульсов полученного генератора, необходимо подключить переменный резистор (рисунок 3.6).

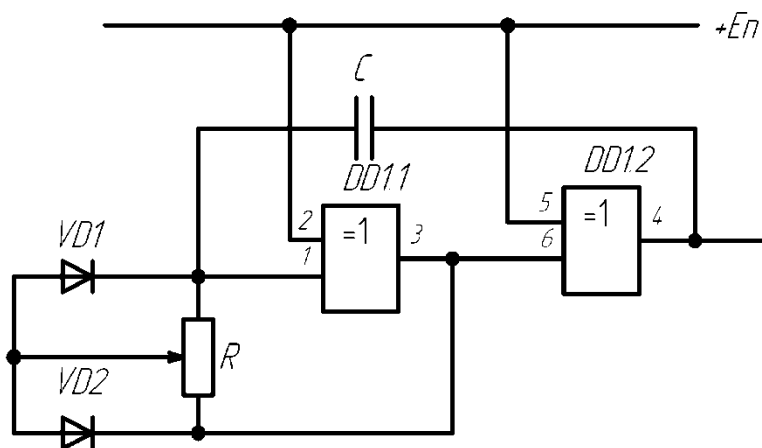


Рисунок 3.6 – Генератор импульсов с регулятором скважности.

Импульсы генератора должны совпадать с моментами смены полярности сетевого напряжения, поэтому их нужно согласовать с формирователем импульсов (рисунок 3.5). Для этого используем четвертый



логический элемент «исключающее ИЛИ» микросхемы, работающий в режиме повторителя, для чего один из его выводов нужно подсоединить к общему проводу. Питание регулятора произведем от выпрямителя, построенного на гасящем конденсаторе  $C1$ , стабилитроне  $VD1$  и диоде  $VD2$  (рисунок 3.7).

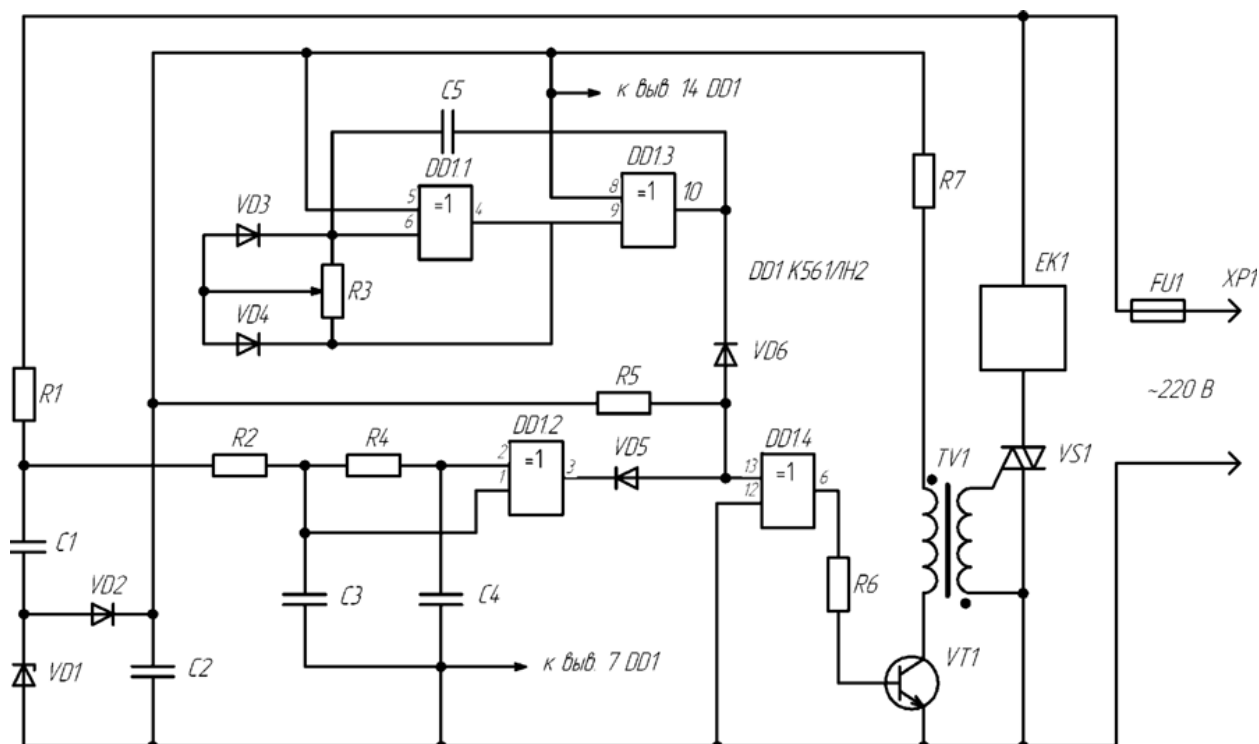


Рисунок 3.7 – Схема управления нагревателем

Для развязки силовой части от системы управления возьмем импульсный трансформатор, который первичной обмоткой подключим к повторителю через транзистор  $VT1$ . Импульсный трансформатор должен быть выполнен на основе ферритового кольца с магнитной проницаемостью не менее 600.

Выбрали импульсный малогабаритный трансформатор МИТ-4В, задействовав для подключения две из трех его обмоток. Технические характеристики трансформатора представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Характеристики трансформатора МИТ-4В

Параметр	Значение
Длительность импульсов, мкс	0,4..4
Ток намагничивания, мА	15..210
Коэффициент трансформации	0,24..2
Индуктивность рассеивания, мкГн	1,1..8
Максимальное рабочее напряжение, В	300
Максимально допустимый ток в обмотках, А	2
Сопротивление изоляции между обмотками, МОм	5000

В качестве транзистора VT1 выбрали n-p-n транзистор КТ315А, т.к. его напряжение  $U_{кэ}$  больше 15 В. Параметры транзистора занесли в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Характеристики транзистора КТ315А.

Параметр	Значение
Максимальное напряжение $U_{кб}$ при заданном обратном токе к и разомкнутой цепи, В	25
Максимальное напряжение $U_{кэ}$ при заданном токе к и заданном сопротивлении в цепи б-э, В	25
Максимально допустимый ток, А	0,1
$h_{21э \text{ мин}}$	30
$f_{гр}$ , МГц:	250
Мощность, Вт	0,15
Корпус	КТ-13

В схеме на рисунке 3.7 диоды VD5, VD6 и резистор R5 образуют элемент совпадения. Импульсы с выхода элемента DD1.2 проходят на вход элемента DD1.4 только при высоком уровне сигнала на выходе элемента DD1.3 и не проходят при низком. В схеме на рисунке 3.7 к диодам VD2-VД6

специальных требований не предъявляется, поэтому выбрали дешевые диоды марки 1N4009. Выбрали стабилитрон VD1 марки 1N4745A, номинальное напряжение стабилизации которого 16 В. Резистор R3 выбрали равным 360 Ом (рекомендуется производителем оптопары МОС3051М). В качестве транзистора VT выбрали КТ815А, т.к. он выдерживает ток коллектора до 1,5 А и обладает n-p-n структурой. Для выбора симистора рассчитаем ток нагрузки:

$$I = P / U = 500 \text{ Вт} / 220 \text{ В} = 2,27 \text{ А.}$$

Выбрали симистор VS1 марки КУ208Г, параметры симистора смотрим в справочнике.

Характеристики симистора КУ208Г.

Максимальное напряжение в открытом состоянии, 400 В

Максимальный повторяющийся импульсный ток в открытом состоянии, 10 А

На вход регулятора поставили плавкий предохранитель марки ПВ25 на 3А.

## 4 Выбор вентилятора, разработка системы регулировки скорости вращения вентилятора

### 4.1 Выбор вентилятора

Для обеспечения скорости воздуха в канале 0,8 м/с необходимо выбрать вентилятор с достаточной производительностью.

Рассчитаем минимальную производительность вентилятора. Линейная скорость потока воздуха в канале квадратной трубы со стороной 1 м при производительности вентилятора 1 м<sup>3</sup>/с составит 1 м/с. Длина стороны квадратного воздуховода аэродинамической трубы должна быть не менее 400 мм (смотри рисунок 1.2). Объем участка такой трубы длиной 1 м составит  $0,4 \times 0,4 \times 1 = 0,25 \text{ м}^3$ . Таким образом, скорость потока воздуха в таком канале при производительности вентилятора 1 м<sup>3</sup>/с будет в четыре раза больше и составит 4 м/с. Искомая минимальная производительность составит:

$$1 \text{ м}^3/\text{с} \times 0,8 \text{ м/с} \div 4 \text{ м/с} = 0,2 \text{ м}^3/\text{с} = 0,2 \text{ м}^3/\text{с} \times 3600 = 720 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Производительность вентилятора будет уменьшаться при повышении температуры, поэтому необходимо предусмотреть запас производительности. Второй главной особенностью вентиляторов является способ его исполнения. Вентиляторы разделяют следующих видов:

- а) многозональные;
- б) канальные;
- в) крышные;
- г) потолочные.

Для аэродинамической трубы стенда лучше всего подходят канальные вентиляторы. Был выбран канальный вентилятор типа Унивент, разработанный для приточных и вытяжных вентиляционных систем. Вентиляторы комплектуются двигателями на напряжение 380 В и трехфазный ток.

Из модельного ряда вентиляторов типа Унивент выбран вентилятор Унивент-2,5-4-2 (рисунок 4.1), выполненный по прямоточной схеме, имеет

радиальное рабочее колесо, корпус с квадратным поперечным сечением, привод от трехфазного асинхронного двигателя. Технические характеристики приведены в таблице 4.1.



Рисунок 4.1 – Внешний вид вентилятора Унивент-2,5-4-2

Таблица 4.1 - Технические характеристики вентилятора УНИВЕНТ-2,5-4-2

Параметр	Значение
Масса вентилятора, кг	32
Производительность, тыс. м <sup>3</sup> /ч	0,4..1,5
Мощность двигателя, Вт	180
Исполнение	2
Питание, В	380
Тип двигателя	АИР56В4

#### 4.2 Разработка системы регулировки скорости вращения вентилятора

Управление асинхронным электродвигателем в частотном режиме до недавнего времени было большой проблемой. Силовые схемы с IGBT-транзисторами, управляемыми микропроцессорными системами управления позволило создать современные преобразователи частоты небольшой стоимости.

Статические преобразователи частоты наиболее удобны для управления асинхронными двигателями.

Для регулировки скорости вращения двигателей обычно используются следующие регуляторы:

- 1) трансформаторного типа;
- 2) симисторного типа;
- 3) преобразователи частоты.

Рассмотрим подробнее каждый из них.

1) *Регуляторы трансформаторного типа* представляют собой трехфазный или однофазный трансформатор, который управляет скоростью вентиляторов, изменяя подаваемое напряжение. Обычно, они имеют встроенное защитное устройство электродвигателя, которое прекращает подачу напряжения к вентилятору, если активируются термоконтакты электродвигателя. Допускается управление несколькими двигателями вентиляторов, если общий потребляемый ими ток не превышает номинального тока трансформатора. Трансформатор имеет выход 230 В для приведения в действие приводов заслонок, электронагревателей или любого другого внешнего оборудования. Подаваемое напряжение 400 В 50/60 Гц.

Особенности:

- управление трехфазными и однофазными электродвигателями;
- несколько фиксированных скоростей;
- защита электродвигателя от перегрева;
- наличие выхода 230В.

2) *Симисторные регуляторы* предназначены для плавного изменения частоты вращения однофазных асинхронных двигателей (вентиляторов). Работа регулятора основана на изменении выходного напряжения с помощью симистора. Изменение частоты вращения двигателя осуществляется путем выбора требуемого положения ручки на регуляторе. Регулирование ведется от минимально возможного значения напряжения (при котором двигатель начинает стабильно вращаться) до значения 220 В. Допускается управлять

несколькими двигателями, если общий потребляемый ток не превышает предельно допустимой величины.

Особенности:

- управление однофазными электродвигателями;
- бесступенчатое (плавное) регулирование;
- настенная и утопленная установка.

3) *Частотный преобразователь* предназначен для управления скоростью вращения двигателей с асинхронным короткозамкнутым ротором с сетевым питанием 380В и, в том числе, общепромышленным типа АИР. Работа регулятора основана на принципе частотного регулирования, когда изменение скорости вращения производится с помощью изменения частоты трехфазного напряжения, подаваемого на двигатель вентилятора.

Особенности:

- управление трехфазными электродвигателями;
- бес ступенчатое (плавное) регулирование;
- удаленное и дистанционное управление;
- выносной пульт управления;
- защита электродвигателя;
- небольшой вес и габариты.

Очевидно, что регулятор трансформаторного типа не может быть использован в данном случае, т.к. ступенчатость регулировки не позволит установить заданную скорость потока воздуха. Симисторные регуляторы избавлены от данного недостатка, но применимы лишь к однофазным двигателям. Для управления скоростью выбранного вентилятора подходит частотный регулятор, т.к. позволяет плавно регулировать скорость вращения трехфазного двигателя.

Преобразователь частоты -это силовая и управляющая часть.

Силовая часть преобразователей содержит электронные ключи. Управляющая - это микропроцессоры, которые обеспечивает управление этими ключами.

Преобразователи частоты, для электропривода бывают двух видов:

- 1) Преобразователи частоты с звеном постоянного тока.
- 2) Преобразователи частоты с непосредственной связью.

Каждый из этих двух классов имеет достоинства и недостатков.

Первыми были разработаны преобразователи с непосредственной связью (рисунок 4.2). В них силовая часть это управляемый выпрямитель и выполнена на тиристорах. Система управления по заданному алгоритму отпирает группы тиристоров и подключает обмотки двигателя к питающей сети.

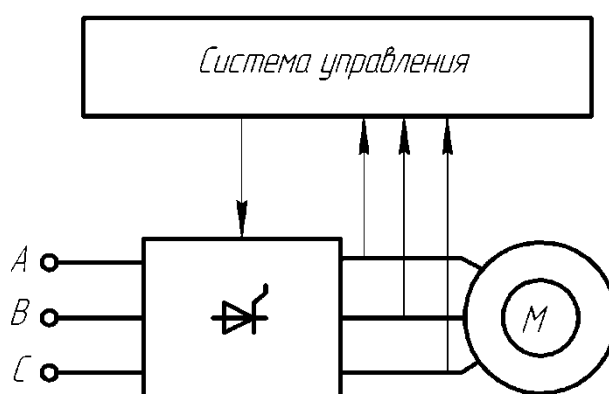


Рисунок 4.2 - Преобразователь частоты с непосредственной связью.

Выходное напряжение преобразователя формируется из отдельных кусочков синусоид входного напряжения. На рис.4.3 показан пример такого способа формирования выходного напряжения. Выходное напряжение  $u_{\text{вых}}$  имеет несинусоидальную рваную форму, которую примерно можно аппроксимировать синусоидой (утолщенная линия).

Использование не запираемых тиристоров не имеет большого распространения, так как необходимы сложные системы управления.



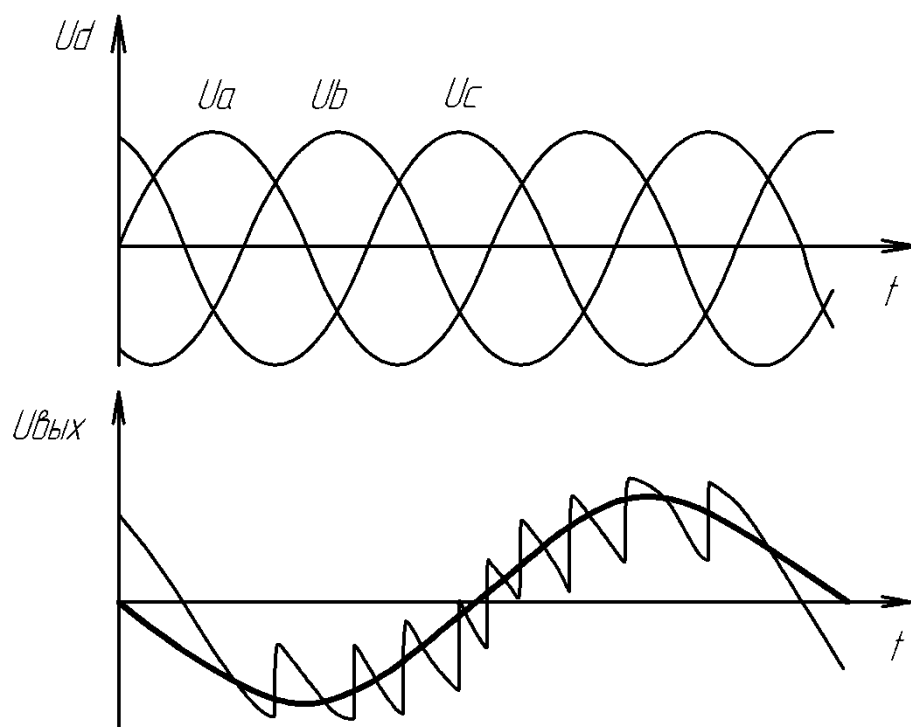


Рисунок 4.3 – Графики напряжений преобразователя частоты с непосредственной связью

Однако такие системы имеют и достоинства. К ним относятся:

-высокий КПД 98,5% и больше;

-можно применять в приводах с большими напряжениями и токами, т.

е. в мощных приводах,

-дешевизна из за применения дешевых комплектующих .

Современные преобразователи строятся со звеном постоянного тока (рисунок 4.4). В них производится двойное преобразование электрической энергии:

-входное синусоидальное напряжение выпрямляется в полупроводниковом выпрямителе (В),

-фильтруется фильтром (Ф),

-преобразуется инвертором (И) в переменное напряжение изменяемой частоты и амплитуды.

Такие преобразователи имеют меньший к.п.д. и, к тому же, худшие массогабаритные показатели, чем преобразователи с непосредственной связью.

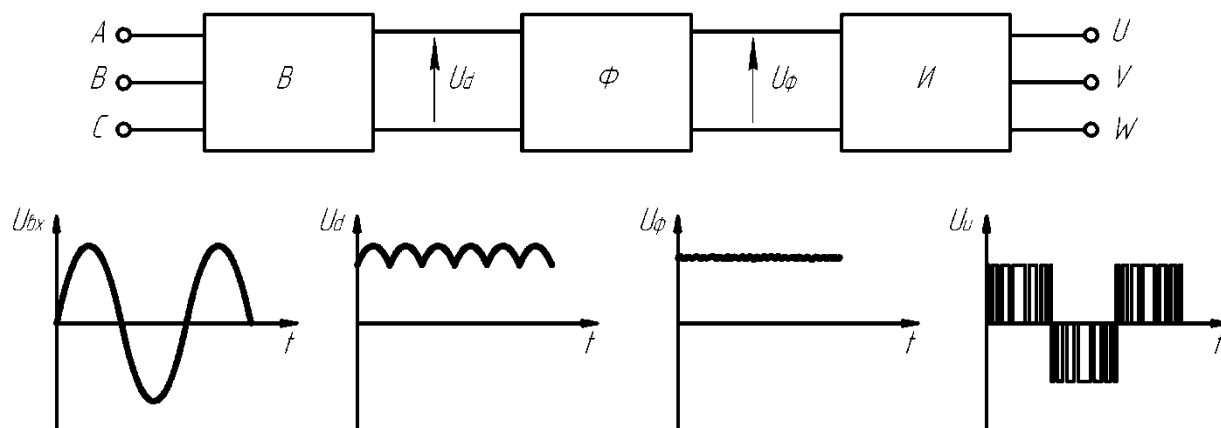


Рисунок 4.4 - Преобразователь с явно выраженным звеном постоянного тока с диаграммами напряжений.

Инвертор преобразует постоянное напряжения  $U_d$  в трехфазное импульсное напряжение  $U_{и}$  изменяемой амплитуды и частоты, задаваемыми системой управления.

В качестве силовых ключей в мощных инверторах используются транзисторы IGBT и тиристоры. В нашем случае мощность нагрузки (мощность двигателя вентилятора) позволяет использовать полевые транзисторы.

Как упоминалось выше, основой системы управления преобразователем частоты является микроконтроллер. Для развязки микроконтроллера с силовыми ключами требуется использование дополнительных схем. Оптимальным вариантом является применение драйвера.

Драйвер - управляемый малыми напряжениями источник высоких напряжений или высоких токов, который применяется для питания электромоторов. Двигатель вентилятора питается от трехфазной сети, поэтому нам необходим трехфазный драйвер. Выбрали трехфазный

мостовой драйвер на интегральной схеме (ИС) IR2130 фирмы International Rectifier. ИС IR2130 обеспечивает удобное и дешевое решение задач управления в применениях на основе трехфазных мостовых схем. Схема содержит три верхних и три нижних канала относительно общей шины и предназначена для решения задач, включающих: ШИМ-драйверы двигателей переменного тока, драйверы шестишаговых двигателей переменного тока, сверхмощные ключи.

Схема обвязки цепями и подключения силовых ключей к драйверу ИС IR2130 изображена на рисунке 4.5. Резисторы R4-R9 являются токоограничительными. В технической документации на драйвер указан их номинал – 100 Ом.

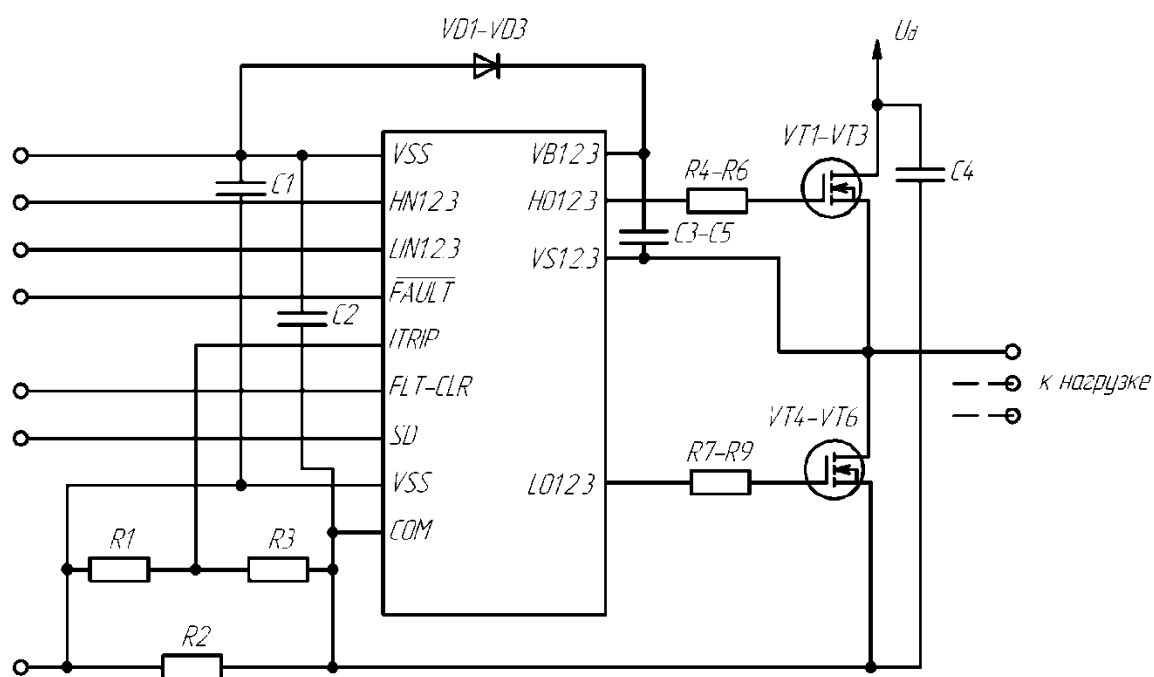


Рисунок 4.5 – Схема подключения силовых ключей к драйверу ИС IR2130.

Транзисторы VT1-VT6 следует выбирать по току и напряжению. Рассчитаем примерный ток фазы нагрузки:  $180 \text{ Вт} / 220 \text{ В} = 0,82 \text{ А}$ . Транзистор должен выдерживать обратное напряжение до 400 В. Выбрали полевой транзистор IRF740. Параметры транзистора занесли в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Параметры транзистора RF740

Параметр	Значение
Структура	N-канал
Максимальное напряжение сток-исток $U_{си}$ , В	400
Максимальный ток сток-исток при 25 С $I_{си макс.}$ , А	10
Сопротивление канала в открытом состоянии $R_{си}$ вкл., мОм:	550
Корпус:	ТО220АВ
Крутизна характеристики $S$ , мА/В	5800
Максимальная рассеиваемая мощность $P_{си макс.}$ , Вт	125

Силовые ключи преобразователя частоты подключаются к выходу выпрямителя. Согласно техническому заданию питание стенда осуществляется от сети напряжением 220 В, поэтому в качестве выпрямителя используем диодный мост. Выбрали диоды марки КД206А.

Для защиты полевых транзисторов следует подключить к ним обратные диоды, обратное напряжение которых также равно 400 В. Выбрали диоды марки КД257Б. В цепь питания перед мостом поставили токоограничительный резистор сопротивлением 3,3 Ом и мощностью 10 Вт.

В качестве фильтра используем емкости.

В качестве датчика используем мощный резистор на 10 Вт с сопротивлением 0,1 Ом. Сопротивления R4 и R6 выберем равными 10 Ом, сопротивление переменного резистора – 100 Ом. Токоограничительный резистор R3 интегрирующей цепочки  $C_0$  Напряжение срабатывания защиты 0,5 В по входу ITRP. Срабатывания защиты индицируется на выходе FAULT логическим 0, одновременно и закрываются все силовые ключи. Для индикации срабатывания защиты и формирования ответной реакции микроконтроллера используем светодиод. Анод светодиода подключим к источнику питания, катод – к входу FAULT и входу микроконтроллера. Таким образом, при срабатывании защиты загорается светодиод и сигнал поступает в микроконтроллер.

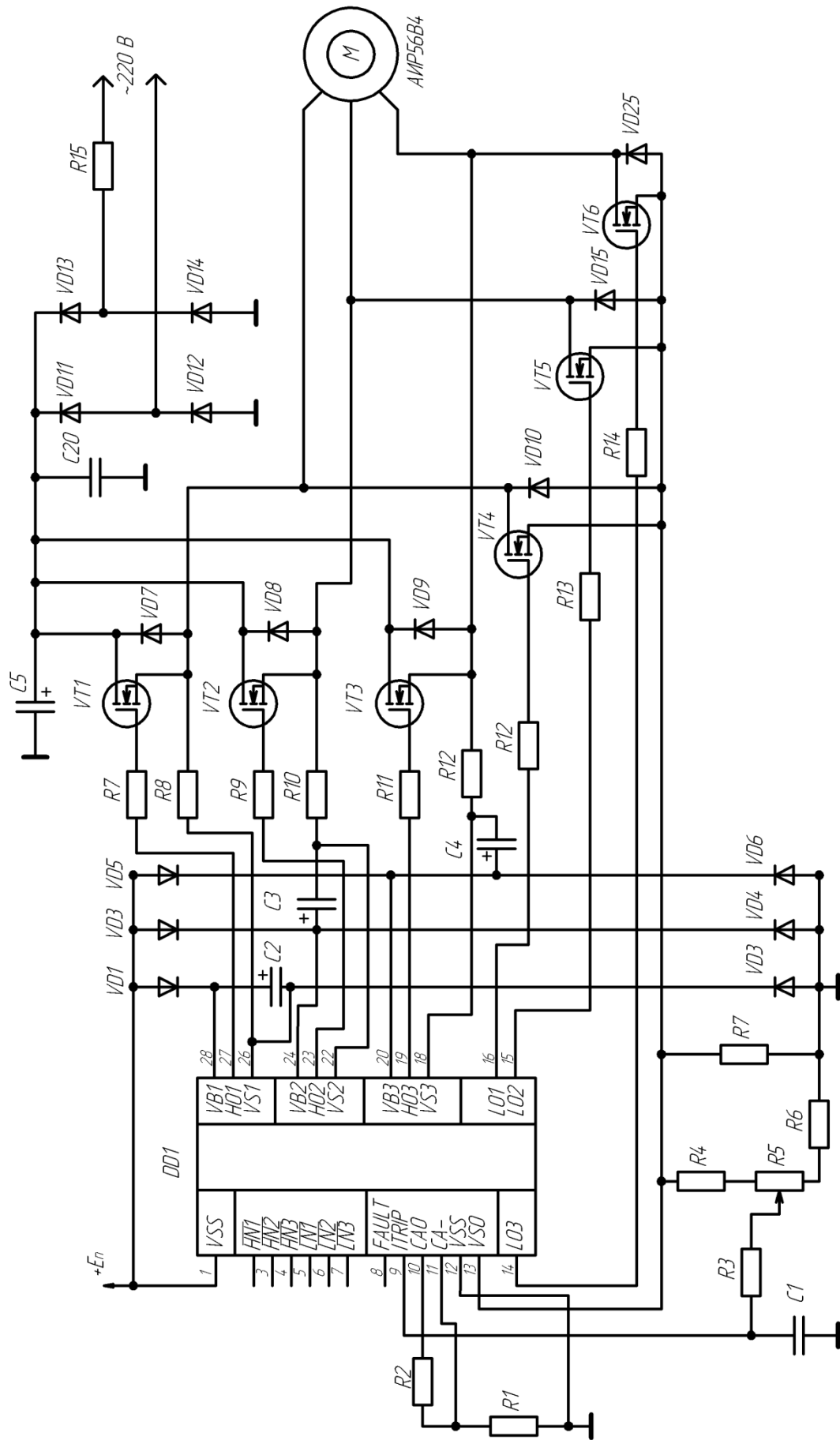


Рисунок 4.6 – Схема подключения силовых ключей к драйверу и источнику питания.

## 5 Разработка конструкции линейризатора, выбор воздуховодов

Линейризатор представляет собой сетку из тонких лент, проходя вдоль которых, воздух разделяется на множество тонких слоев, создавая тем самым ламинарный воздушный поток. Для создания сетки достаточно соорудить каркас и натянуть на него тонкие и широкие (4-7 см) металлические ленты на расстоянии 3-5 мм друг от друга таким образом, чтобы они располагались вдоль направления движения основного потока воздуха.

Согласно нормам НПБ 85-2000 рекомендуется использовать квадратные воздуховоды со стороной более 305 мм. Ближайший стандартный размер стороны воздуховода, производимый отечественной промышленностью, равен 400 мм. Прямые части воздуховодов (рисунок 5.1) изготавливаются двух типоразмеров: длиной 2 и 2,5 м. Выбрали рекомендуемую (смотри рисунок 1.2) величину 2,5 м.



Рисунок 5.1 – Внешний вид прямого воздуховода.

Отводы 90° (рисунок 5.2) изготавливаются в двух исполнениях: 1 и 2. Выбрали первый вариант исполнения, т.к. стоимость, вес и габариты такого воздуховода меньше при одинаковых аэродинамических характеристиках.



Рисунок 5.2 – Внешний вид углового отвода воздуховода.

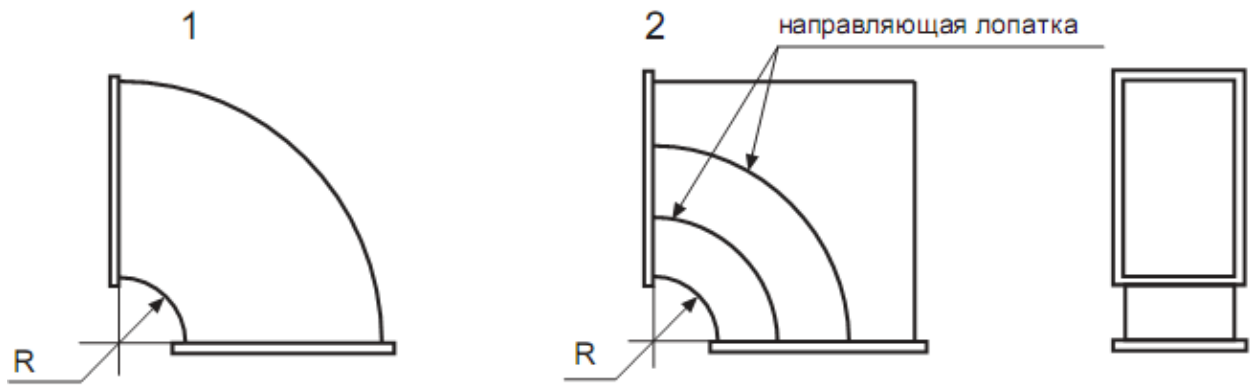


Рисунок 5.3 – Варианты исполнения углового отвода воздуховода.

## **6 Разработка блока согласования и управления**

Для обработки сигналов с датчиков, управления схемой регулировки частоты вращения двигателя вентилятора, отправки/передачи информации на ПК необходимо выбрать микроконтроллер. Датчики температуры и скорости потока воздуха, тепловые ПИ имеют выходы с аналоговыми сигналами.

Для согласования цифровых сигналов с аналоговыми используются аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Для подключения датчиков и тепловых ПИ потребуется три АЦП, что приведет к усложнению системы управления. Альтернативным вариантом является применение микроконтроллеров с встроенным многоканальным АЦП.

Управление асинхронным трехфазным двигателем с короткозамкнутым ротором осуществляется с помощью драйвера, который поддерживает ШИМ. Как и в случае с АЦП, практичнее и дешевле использовать аппаратные ШИМ-модули микроконтроллера.

Всем вышеуказанным требованиям удовлетворяет микроконтроллер ATmega48 - низкопотребляющий восьмибитный КМОП микроконтроллер с AVR RISC архитектурой.

Характеристики ATmega48 приведены в [8]

Цоколевка микропроцессора показана на рисунке 6.1.



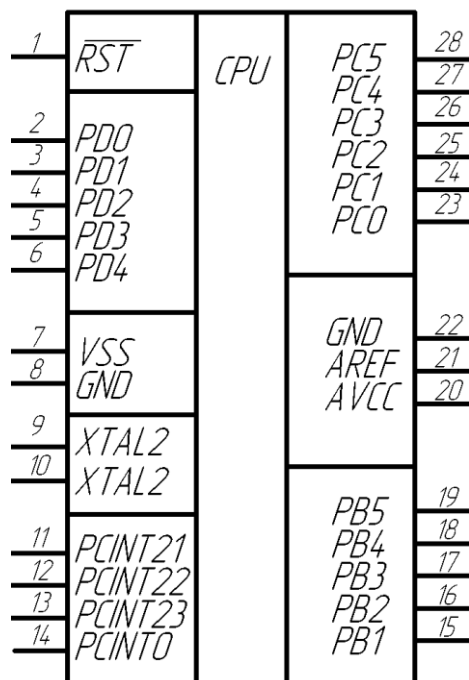


Рисунок 6.1 – Цоколевка микроконтроллера ATmega48.

Сигнальные выходы датчиков температуры и скорости потока воздуха имеют диапазон напряжений сигнала от 0 до 10 В. Диапазон входного напряжения канала АЦП микроконтроллера ограничен 5 В. Поэтому датчики подключим через резистивный делитель 1 : 2 (рисунок 6.2).

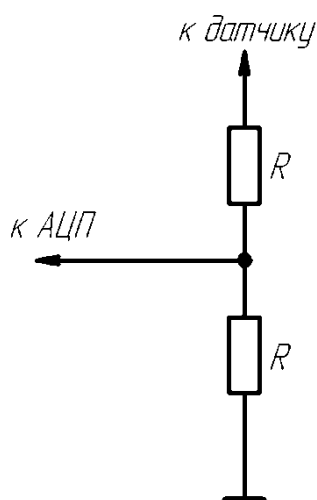


Рисунок 6.2 – Резистивный делитель 1 : 2.

Сопротивление резисторов выбрали равным 2 кОм. Тепловой ПИ также подключили к каналу АЦП микроконтроллера через резистивный делитель,

но т.к. датчик подключен к блоку питания с постоянным напряжением 24 В, соотношение делителя выбрали 1:5. Сопротивления резисторов выбрали равным 1 кОм и 5 кОм соответственно.

Для обеспечения начального значения сигнала для запуска двигателя вентилятора к каналу АЦП микропроцессора подключили центральный электрод переменного резистора сопротивлением 2 кОм, двумя другими - к источнику питания 5 В и на общий провод. При изменении значения сопротивления переменного резистора, изменится и начальная скорость двигателя вентилятора.

Отправка данных с микроконтроллера к персональному компьютеру (ПК) и наоборот осуществляется по RS-232 с помощью встроенного модуля USART

В данной работе приведена схема для организации двунаправленного обмена данными по интерфейсу RS-232. Для этого требуется двунаправленный преобразователь уровней TTL-RS232. Возьмем для этого стандартную и достаточно распространенную микросхему MAX232, схема подключения которой показана на рисунке 6.3. Микроконтроллер ATmega48 возможностью прошивки через любой интерфейс. Для этого в схему включен специальный разъем X2, подключенный как показано на рисунке 6.3.

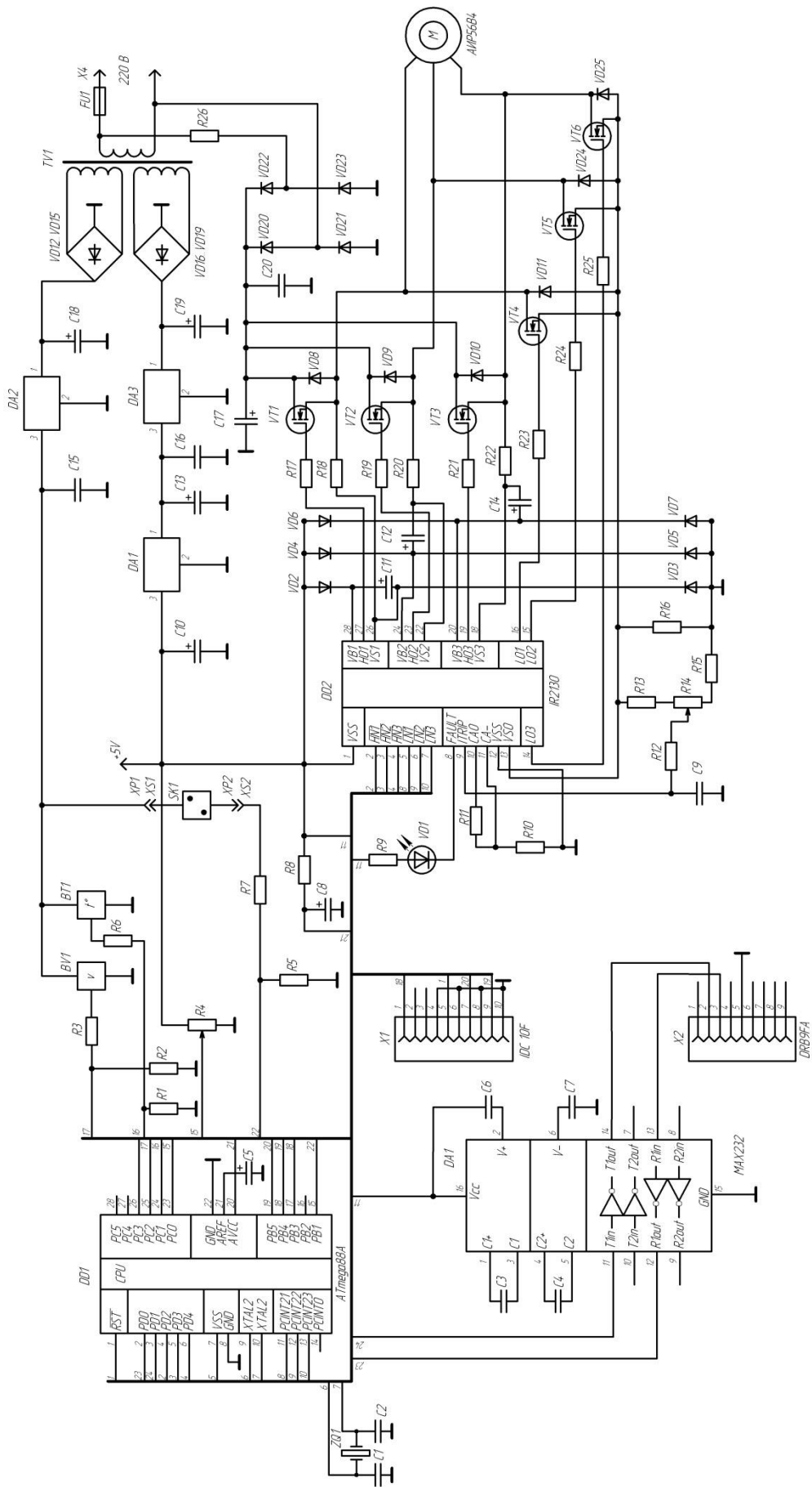


Рисунок 6.3 – Схема блока согласования и управления.

## 7 Разработка блока питания для стенда

Определим количество и параметры питания потребителей:

1) Датчик скорости потока воздуха SG/C-U-01. Напряжение питания от 19 до 27 В.

2) Датчик температуры EM/E-U30/100EM/E. Напряжение питания от 18 до 30 В.

3) Тепловой пожарный извещатель ИП103-5/2-А1. Напряжение питания не более 30 В.

4) Пожарный извещатель ИП103-5/2-А1. Напряжение питания не более от 15 до 25 В.

5) Драйвер IR2130. Напряжение питания от 10 до 20 В.

6) Микроконтроллер ATmega48A. Напряжение питания от 1,8 до 5,5 В.

7) Микросхема Max232. Напряжение питания 5 В.

Разобьем все потребители на группы с совпадающими (пересекающимися) диапазонами питающего напряжения:

а) Датчик скорости воздуха, датчик температуры, тепловые пожарные извещатели требуют напряжений в диапазоне 19-25 В. Выбираем стандартное напряжение 24 В.

б) Драйвер IR2130 – 10-20 В. Выбираем стандартное напряжение 15 В.

в) Микроконтроллер ATmega48A, микросхема Max232 – 5 В.

Таким образом, необходимо получить три разных источников питания. В нашем случае оптимальным вариантом является использование трансформатора марки ТТП. Трансформаторы ТТП предназначены для применения в электронной аппаратуре, работающей от сети переменного тока напряжением 220 В, частотой 50 Гц, с отклонением не более 10% от номинального значения. Они имеют по шесть вторичных обмоток с различными выходными напряжениями. Нам требуется одна обмотка на 40 В и одна на 20 В. Обмотки с выходным значением напряжения 40 В в серии ТТП нет, поэтому соединим последовательно две обмотки по 20 В. Выбрали

трансформатор ТПП248-127/225-50. Из сорокавольтовой вторичной обмотки требуется получить 24 В. Используем стабилизатор напряжения КР142ЕН9Б. Параметры стабилизатора занесли в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Параметры стабилизатора КР142ЕН9Б

Параметр	Значение
Номинальное выходное напряжение, В	24
Минимальное выходное напряжение, В	23,52
Максимальное выходное напряжение, В	24,48
Максимальный выходной ток, А	1,5
Максимальное входное напряжение, В	40

На выход третьей двадцативольтовой обмотки поставили стабилизатор L7815CV с выходным номинальным напряжением 15 В. К выходу стабилизатора подключили стабилизатор КР142ЕН5А с номинальным выходным напряжением 5 В. Параметры стабилизаторов занесли в таблицы 7.2 и 7.3.

Таблица 7.2 – Параметры стабилизатора L7815CV

Параметр	Значение
Номинальное выходное напряжение, В	15
Максимальное входное напряжение, В	35
Максимальный выходной ток, А	1,5
Корпус	ТО220

Таблица 7.3 – Параметры стабилизатора КР142ЕН5А

Параметр	Значение
Номинальное выходное напряжение, В	5
Минимальное выходное напряжение, В	4,9
Максимальное выходное напряжение, В	5,1
Максимальный выходной ток, А	1,5
Максимальное входное напряжение, В	15

Каждый стабилизатор напряжения имеет свою обвязку, рекомендованную производителем. Полученный блок питания изображен на рисунке 7.1. Рекомендуемые параметры значения емкостей конденсаторов

приведены в перечне элементов на схему согласования и управления (смотри приложение).

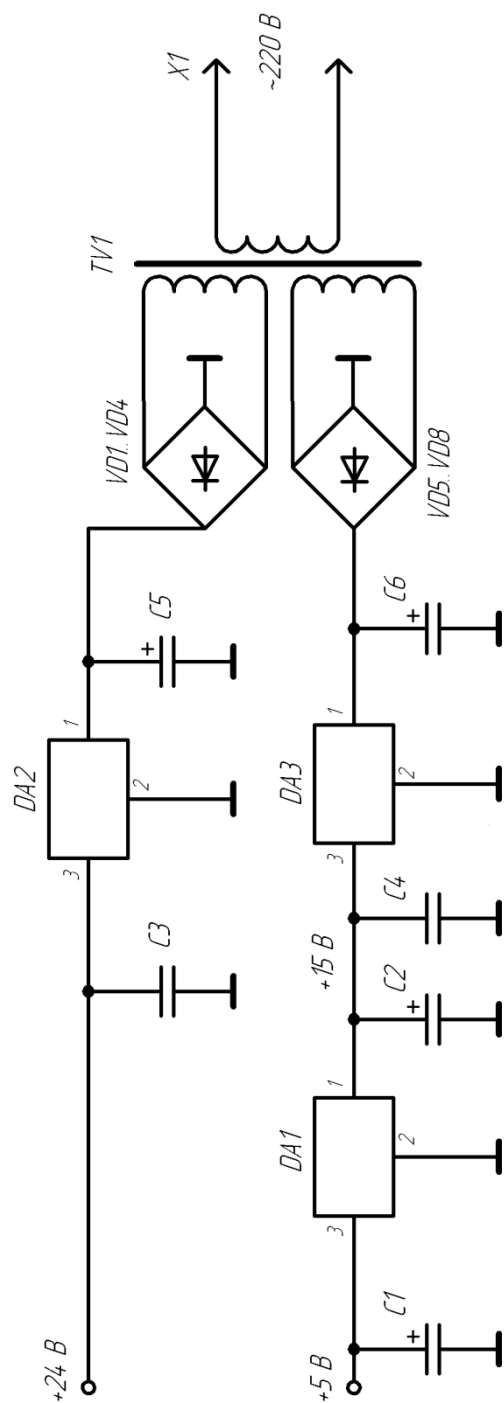


Рисунок 7.1 – Схема блока питания

## 8 Безопасность и экологичность работы

### 8.1 Общее описание

Разрабатываемый стенд для тестирования тепловых ПИ устанавливается в лабораторном помещении, размеры которого позволяют установить стенд и оборудовать место для пользователя персонального компьютера (ПК). Во внутренний отсек стенда, представляющего собой аэродинамическую трубу, устанавливается пожарный извещатель. Стенд подключается к сети питания 220 В. Пользователь ПК задает нужный температурный режим и двигатель вентилятора начинает гнать воздух в канале трубы, обдувая ТЭН.

Описание технологического оборудования, используемого в процессе работы приведено в таблице 6.1.

Таблица 8.1 – Оборудование и технологические операции

№ позиции	Перечень оборудования	Назначение оборудования
1	Компьютер	Программирование микропроцессора стенда, управление режимами работы стенда
2	Стенд для тестирования тепловых ПИ	Установка теплового ПИ на площадку

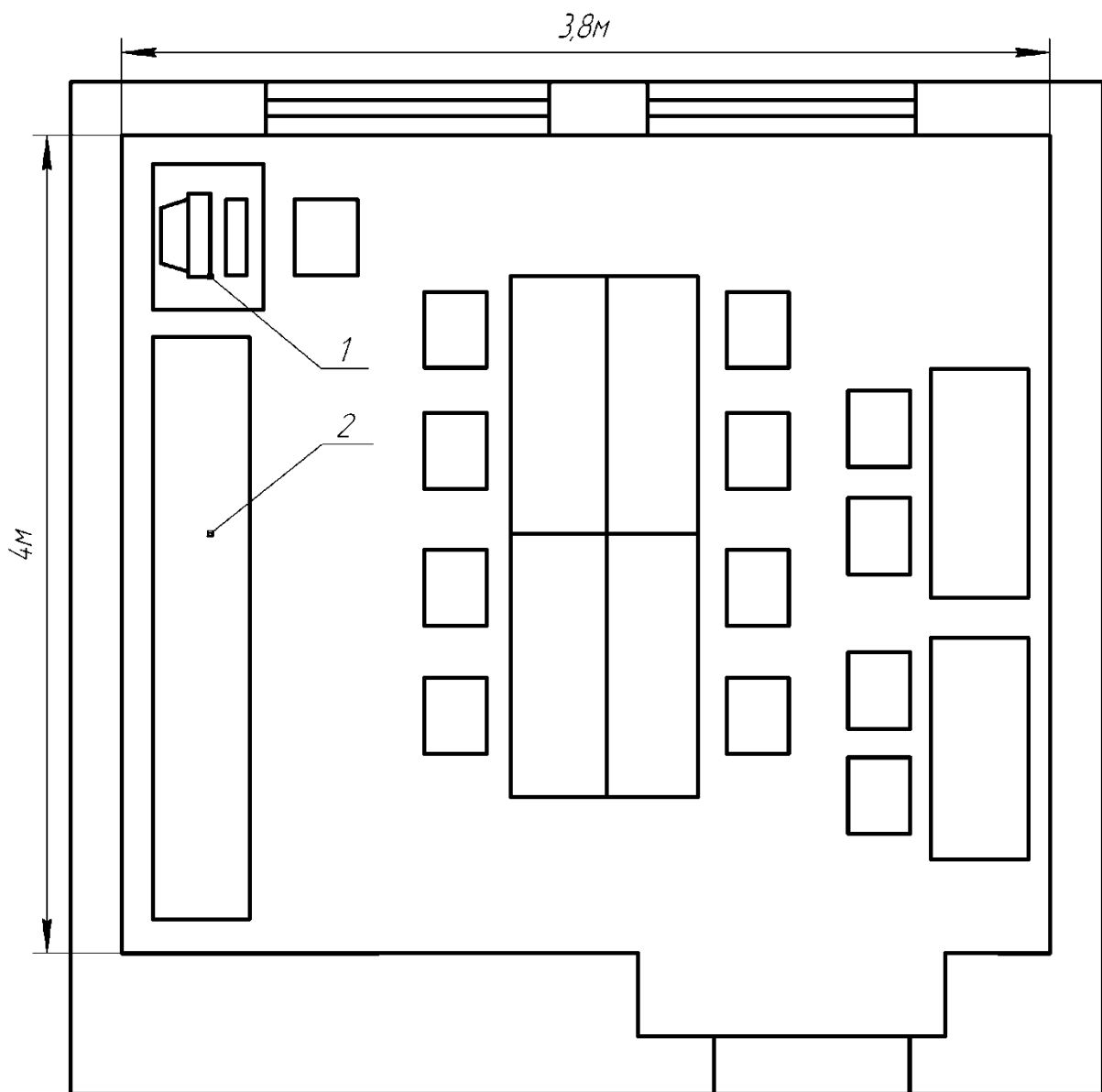


Рисунок 8.1 – Схема помещения лаборатории с установленным оборудованием.

## 8.2 Перечень вредных производственных факторов

Производственные факторы делят на опасные и вредные. Опасные вызывают отрицательные последствия во время работы, а вредные действуют не сразу, а по мере накопления приводят к профессиональным заболеваниям. Все перечисленные факторы делят на четыре группы, наносящие ущерб человеку различными способами:

- 1) Физические: запыленность, шум, вибрация;



2) Химические: излучения – радиоактивные вещества, пары ртути, наличие свинца;

3) Биологические: наличие в воздухе микробов, спор;

4) Психофизиологические: нервная обстановка на работе, нервные перегрузки, стрессы.

В разрабатываемом стенде представляют опасность факторы первой группы, это выделить шум. Источником шума является трехфазный асинхронный двигатель.

Производственное освещение тоже является существенным фактором, определяющим условия работы. Основные требования - это соответствие освещенности характеру зрительной работы, равномерное распределение яркости по всему рабочему пространству. Освещение может быть естественным (солнечный свет), искусственное и смешанное.

Опасными производственными факторами являются электромагнитные поля и статическое электричество.

Контроль осуществляется периодическим измерением напряженности электрического и магнитного полей.

Статическое электричество вырабатывается при трении двух диэлектриков друг о друга, или диэлектриков о металлы.

На диэлектриках статические заряды сохраняются длительное время. Статическая электризация происходит так же при:

а) при разбрызгивании жидкостей и газов;

б) при соприкосновении двух твердых тел из разнородных материалов (т. н. контактная электризация).

Разряд статического электричества в воздухе происходит при величине напряженности статического поля более 30 кВ/см.

При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания персонала в электростатических полях не регламентируется.

Современное промышленное производство связано с использованием рабочих агрегатов, выделяющих большое количество тепла. Источником

теплового излучения в разрабатываемом стенде является ТЭН и нагреваемый им корпус стенда. Выявленные опасные и вредные производственные факторы занесены в таблицу 8.1.

Таблица 8.2 – Опасные и вредные производственные факторы

№ п/п	Наименование вредного фактора	Оборудование и операции при которых встречается данный вредный фактор
1	Шум, звук	Трехфазный асинхронный двигатель
2	Вибрация	Трехфазный асинхронный двигатель
3	Электромагнитное поле и статическое электричество	Токоведущие части стенда
4	Недостаточная освещенность	Работа со стендом, обслуживание стенда
5	Тепловое излучение	Корпус стенда

### 8.3 Воздействие производственных факторов на организм работающих

Современный шумовой дискомфорт у человека болезненные реакции. Производственный шум действует угнетающе на человека – возникает головная боль, утомление, раздражение.

Уровень шума оказывает различное воздействие на организм человека в зависимости от его силы:

- 20-30 децибел (дБ) безвредно для человека;
- 80 децибел это граница громких звуков, допустимая граница;
- 130 децибел уже вызывает болевые ощущения;
- 150 –непереносим для человека;
- 180 децибел вызывает усталость металла;
- 190 болты рвутся, а заклепки вырываются из конструкций.

## **8.4 Организационные и технические мероприятия по созданию безопасных условий труда**

1 Защита от электромагнитных полей осуществляется экранированием открытых распределительных устройств, являющихся источником излучений, а так же рабочих места с помощью экранов, поглощающих или отражающих электромагнитную энергию.

2 Меры защиты от статического электричества направлены на предупреждение возникновения и накопления зарядов статического электричества, что достигается заземлением оборудования и коммуникаций, на которых могут появиться заряды. Так же могут устраиваться электропроводящие полов или организовываться заземленные зоны,

## **8.5 Оценка травмобезопасности оборудования**

Разрабатываемый стенд является стационарно установкой, не имеющей подвижных частей и соединений. Герметичность корпуса и теплоизолирующий материал обеспечивают защиту пользователя от ожогов и механических травм. Изоляция токоведущих частей обеспечивает надежную защиту от поражения электрическим током. Оборудование соответствует требованиям безопасности.

## **8.6 Обеспечение электробезопасности в учебном помещении**

Помещение относится к категории «без повышенной опасности».

Электробезопасность в помещении обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок (разрабатываемая установка покрыта теплоизолирующим материалом), защитное заземление и защитное отключение.

## **8.7 Обеспечение пожарной безопасности в учебном помещении**

По пожарной опасности помещение относится к категории «Д», в нем предусмотрены средства пожарной сигнализации (тепловые датчики) и имеются средства пожаротушения (ящик с песком и огнетушители в количестве, соответствующим нормам).

## **8.8 Экологическая экспертиза**

При реализации объекта негативного воздействия на окружающую среду не обнаружено. При ликвидации объекта предполагается его разборка методом дефрагментации с последующей утилизацией (вторичное использование) в качестве металлического лома.

## **8.9 Безопасность при аварийных и чрезвычайных ситуациях**

При возникновении аварийной или чрезвычайной ситуации в лабораторном помещении, где будет располагаться разрабатываемый стенд, необходимо:

- 1) Отсоединить вилку питающего кабеля от сети 220 В;
- 2) Обесточить лабораторию путем перевода ручки рубильника в выключенное состояние.

Открытой угрозы для жизни и здоровья людей стенд не представляет, т.к. его силовая часть скрыта в металлическом корпусе, покрытым теплоизолирующим материалом.

## **Заключение**

В работе был разработан лабораторный стенд для тестирования излучателей. Показана необходимость тестирования работоспособности и проверки качества пожарных излучателей. Выполнен обзор существующих на рынке решений для тестирования излучателей и сделан вывод о актуальности создания единой испытательной системы. Разработана конструкция стенда, включающая нагреватель воздуха, вентилятор для создания воздушного потока и излучатель. Разработана электронная система управления стендом. Выполнен обзор безопасности проекта при использовании в качестве учебного оборудования.

Разработанный стенд может быть использован на практике при изучении систем пожарной сигнализации и электронных систем сбора данных зданий и сооружений.

## Список используемой литературы

1. Шаровар Ф.И. Устройства и системы пожарной сигнализации. — М.: Стройиздат, 1979. — С. 43.
2. Забродин, Ю.С. Промышленная электроника: учебник для вузов. / Ю.С. Забродин. — М.: Высш. школа, 1982. — 496 с., ил.
3. Гусев, В.Г. Электроника: Учеб. пособие для приборостроит. спец. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. — М.: Высш. шк., 1991. — 622 с.: ил.
4. Титце, У. Полупроводниковая схемотехника / У. Титце, К. Шенк : пер. с нем. — М.: ДМК Пресс, 2008.
5. Семенов, Б.Ю. Силовая электроника для любителей и профессионалов. // Семенов, Б.Ю. — Москва.: СОЛОН-Р, 2001. — 417 с.
6. Мелешин, В.И. Транзисторная преобразовательная техника. // Мелешин, В.И. — Москва : Техносфера, 2005. — 632 с.
7. Водовозов А. М. Основы электроники [Электронный ресурс] : учеб.пособие / А. М. Водовозов. - Москва : Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. — 130 с. : ил. - ISBN 978-5-9729-0137-1.
8. Александров А.А. Электротехнические чертежи и схемы / Александров К.К., Кузьмина Е.Г.- М.:Энергоатомиздат, 1990. - 288с.
9. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. — 425 с.
10. Миленина С. А. Электротехника, электроника и схемотехника : учеб. и практикум для акад. бакалавриата / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. - Гриф УМО. - Москва : Юрайт, 2016. - 398, [1] с. : ил. - (Бакалавр. Академический курс). - Библиогр.: с. 3398-399. - ISBN 978-5-9916-7353-2 (ч. 1). - ISBN 978-5-9916-7354-9 : 952-15.5.
11. Воробьев, Н.И. Проектирование электронных устройств : учеб. Пособие / Н.И. Воробьев. - М. : Высш. шк., 1989. - 223 с.

12. Рашоян, И.И. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОЧЕЧНЫХ ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ / И.И. Рашоян // Символ науки. №9. – 2015. – С. 111-114. ISSN: 2410-700X
13. То, Н. Investigation of the Performance and Improvement of Optical Smoke Detectors [Text] / Н. То, N. Fong // Procedia Engineering. Vol. 62. – 2013. – PP. 985-993. ISSN: 1877-7058
14. Li, M. Experimental Research on the Smoke Control System in a Complex Road Tunnel Fire [Text] / M. Li, Z. Zhang, J. Milke, G. Lu, X. Mei // Procedia Engineering. Vol. 211. – 2018. – PP. 379-387. ISSN: 1877-7058
15. Fonollosa, J. Gas Sensor Array for Reliable Fire Detection [Text] / J. Fonollosa, A. Solorzano, J.M. Jimenez-Soto, S. Oller-Moreno, S. Marco // Procedia Engineering. Vol. 168. – 2018. – PP. 444-447. ISSN: 1877-7058
16. Xu, X. Study on Fire Smoke Control in Super-high Building Atrium [Text] / X. Xu, Z. Wang, X. Liu, C. Ji, N. Yu, H. Zhu, J. Li, P. Wang // Procedia Engineering. Vol. 211. – 2018. – PP. 844-852. ISSN: 1877-7058
17. Chen, Y. Assessment on Improvement of Early Detection Systems in Electrical Rooms of High-Tech Facilities [Text] / Y. Chen, C. Shu, S. Ho, H. Ho, H. Chang // Procedia Engineering. Vol. 211. – 2018. – PP. 235-246. ISSN: 1877-7058
18. Интернет магазин электронных компонентов «Импульс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.impulsi.ru>
19. Рукин М. В. Извещатели пожарные тепловые линейные // ЭРВИСТ (Электронный ресурс). – Режим доступа: <http://www.ervist.ru/stati/izveschateli-pozharnye-teplovye-lineynye.html>
20. IR2130 [Электронный ресурс] URL: <https://www.infineon.com/dgdl/ir2130.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c8757d169a>
21. RF740 [Электронный ресурс] URL: <https://www.vishay.com/docs/91054/91054.pdf>

22. Компания ЭТМ [Электронный ресурс]. Режим доступа:  
<https://www.etm.ru/>