

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Электронные системы управления технологическими машинами

**Направление подготовки (специальность) 35.03.06 Агроинженерия**

**Профиль образовательной программы Технические системы в агробизнесе**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Конспект лекций	3
2. Методические указания по выполнению лабораторных работ	3
Лабораторная работа №1,2 (ЛР-1,2) - Электробезопасность при эксплуатации сельских установок	3
Лабораторная работа №3,4 (ЛР-3,4) - Магнитные пускатели	15
Лабораторная работа №5,6 (ЛР-5,6) - Трехфазный электродвигатель	19
Лабораторная работа №7,8 (ЛР-7,8) - Автоматические водокачки	26
Лабораторная работа №9 (ЛР-9) - Комплект оборудования (Климат-2)	29
Лабораторная работа №10,11 (ЛР-10,11) - Линии и проводки	43
Лабораторная работа №12 (ЛР-12) - Автоматическая система промывки доильного агрегата АДМ-8А	76
Лабораторная работа №13,14 (ЛР-13,14) - Водонагреватели	80
Лабораторная работа №15,16 (ЛР-15,16) - Комплект вентиляционного оборудования (Климат-4)	91
3. Методические указания по проведению практических занятий	74
Практическое занятие №1,2 (ПЗ-1,2) - Ионизация воздуха в птичниках	74
Практическое занятие №3,4 (ПЗ-3,4) - Электрические источники опт. излучения	80
Практическое занятие №5,6 (ПЗ-5,6) - Источники ультрафиолетового излучения	86
Практическое занятие №7 (ПЗ-7) - Элементы автоматики	95
Практическое занятие №8 (ПЗ-8) - Электрические измерения и приборы	122

**1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**  
*(не предусмотрено рабочим планом).*

**2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**2.1 Лабораторная работа № 1,2 ( 4 часа).**

**Тема: «Электробезопасность при эксплуатации сельских установок»**

*Список литературы*

Воробьев В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства [текст]: учебник / В.А.Воробьев - М.; «Колос», 2005.-280 с.

*Цель работы.* Изучение мер электробезопасности при эксплуатации сельских установок.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Набор слесарного инструмента, плакаты, учебные пособия, инструкционно-технологическая карта.

*Содержание работы.*

1. Электробезопасность при эксплуатации сельских установок.
2. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Общие мероприятия по электробезопасности

1. Защита от прикосновения к частям электроустановок, нормально находящихся под напряжением.

Переменный ток частотой 50 Гц и величиной 100 мА, протекая через тело человека более 3 с, может парализовать деятельность сердца. Большие токи парализуют деятельность сердца за доли секунды. Дыхание может быть парализовано уже при длительном токе 30 - 80 мА. Токи в 10-25 мА, протекающие между руками или между рукой и ногами; вызывают судорогу мышц (неотпускающий ток).

При расчетах электробезопасности принимают допустимыми:

Ток, мА .....	250	65	6
Продолжительность, с .....	0,2	1	30

Длительно допустимыми токи менее 0,8 - 1 мА. В зависимости от состояния кожи, пути тока и величины напряжения сопротивление тела составляет от 100 кОм до 1000 - 500 Ом.

Электроустановки по степени опасности поражения током подразделяют на две группы: до и выше 1000 В. Напряжение в 36, 24 и 12 В считают относительно безопасными.

В зависимости от характера окружающей среды помещения разделяют на три класса:

1. С повышенной опасностью, к которым относят: а) сырые с относительной влажностью воздуха, длительно превышающей 75%; б) с проводящей пылью, выделяющейся по условиям производства в таком количестве, что она может проникать внутрь машин и аппаратов, оседать на поверхности изоляции; в) с токопроводящими земляными, железобетонными, сырыми деревянными полами; г) жаркие с температурой более 30 °С (длительно); д) с возможностью одновременного прикосновения человека к металлическим корпусам электрооборудования и к соединенным с землей металлоконструкциям здания или механизмам.

2. Особо опасные. Имеющие один из признаков: а) особо сырые с относительной влажностью воздуха, близкой к 100% (потолок, стены, все предметы покрытые влагой); б) с химически активной разрушающей изоляцию средой; в) имеющие одновременно два (или более) признака помещений с повышенной опасностью.

3. Без повышенной опасности (когда нет признаков, определяющих два первых класса).

Важнейшим средством защиты от прикосновения к частям электроустановки, нормально находящимся под напряжением, служит электрическая изоляция. Ее сопротивление измеряют мегомметром на 1000 В не реже одного раза в 2 года у электропроводки в обычных помещениях и ежегодно в помещениях с едкими парами, сырых, особо сырых, взрыва- и пожароопасных. Если сопротивление между проводом одной из фаз и землей или между фазами на участке между последовательно включенными плавкими предохранителями или за последним предохранителем менее 0,5 МОм, то изоляцию надо испытать в течение 1 мин напряжением 1000 В переменного тока или мегомметром на напряжение 2500 В. Для электродвигателей в холодном состоянии норма сопротивления изоляции 1 МОм.

Оголенные токоведущие части, которые невозможно расположить на высоте, недопустимой для прикосновения, защищают кожухами, сплошными или сетчатыми ограждениями.

Под проводами воздушных электрических линий работа экскаватором, стреловых кранов и стогометателей запрещена. Работу вблизи линий разрешают только при условии, что расстояние между крайней точкой машины и ближайшим проводом составляет не менее 1,5 м при напряжении линий до 1 кВ, 2 м - при напряжении 1 - 20 кВ и 4 м при 35 и 110 кВ. При передвижении крупных машин под проводами высоковольтных линий расстояние по вертикале между высшей точкой машины или груза и низшим проводом линии должно быть не менее 1 м при напряжении до 1 кВ, 2 м при напряжении 1 - 20 кВ и 2,5 м при 35 - 220 кВ.

Для защиты от прикосновения к нормально находящимся под напряжением частям электроустановок используют защитные изолирующие средства и инструменты, указатели напряжения, предупредительные

плакаты. Последние подразделяют на предостерегающие, запрещающие, разрешающие, напоминающие.

## **2. Меры электробезопасности при повреждении изоляции.**

Для защиты от поражения электрическим током при соприкосновении с частями электроустановок, которые нормально не находятся под напряжением, но при повреждении изоляции приобретают опасный потенциал, проводят порознь или в сочетании следующие защитные мероприятия: защитное заземление, зануление, защитное отключение, а также применяют двойную изоляцию, разделяющие трансформаторы; пониженное напряжение; выравнивание потенциалов.

**Двойная изоляция** заключается в наложении двух изоляционных слоев, каждый из которых длительно и надежно выдерживает рабочее напряжение.

Например, рукоятку ручного переносного светильника делают из диэлектрического материала с таким расчетом, чтобы обеспечивалась надежная изоляция на тот случай, если произойдет повреждение рабочей изоляции проводов внутри рукоятки. С двойной изоляцией, изготавливают некоторые типы электросверлилок (ГОСТ 8524 - 63). Поэтому, хотя корпус у них металлический, заземлять или занулять их не требуется, но надо периодически проверять мегомметром на 500. В сопротивлении рабочей изоляции между обмоткой и сердечником статора, а также защитную изоляцию между статором и металлическими деталями корпуса. При сопротивлении изоляции менее 0,7 МОм пользоваться сверлилкой запрещено.

**В разделяющем трансформаторе** первичное напряжение - до 1000 В, вторичное - до 4000 В. Надежность конструкции и изоляции такого трансформатора повышенная. Его защитное действие основано на отделении электроприемника от первичной сети заземления. Благодаря этому прикосновение к корпусу электроприемника, на которой произошел пробой изоляции, практически безопасно. Изоляцию испытывают в течение 1 мин напряжением в 4 кВ переменного тока 50 Гц между первичной и вторичной обмотками, а также между обмотками и корпусом. От разделяющего трансформатора можно питать только один электроприемник по сравнительно коротким проводам с надежной изоляцией. Если электроприемник переносный, провод должен быть шлангового типа.

Мощности электроприемника и самого трансформатора должны быть такими, чтобы с первичной стороны трансформатор защищался плавким предохранителем с номинальным током вставки не более 15 А или автоматом с таким же током уставки, то есть трехфазный трансформатор с первичным номинальным напряжением 380 В не может иметь мощность более 10 кВА.

Запрещается заземлять или занулять вторичную обмотку разделяющего трансформатора или питающийся от него электроприемник, но корпус самого трансформатора должен быть заземлен или занулен в зависимости от режима работы нейтрали питающейся сети.

**Пониженное напряжение** (12 - 36 В) обычно получают от разделяющего трансформатора, например, для питания ручного переносного светильника. Пониженное напряжение является дополнительной гарантией безопасности. Пониженное напряжение можно применять и как самостоятельное защитное мероприятие. При питании от однородного общего понижающего трансформатора разветвленной сети 36 В для местного освещения на станках трансформатор нельзя считать разделяющим и нужно занулять не только его корпус, но и нейтраль или один из выводов вторичной обмотки.

### **3. Заземление и зануление.**

Заземлением называют соединение частей электроустановки с заземляющим устройством (совокупность заземления и заземляющих проводников). Заземлитель - проводник или группа электрически соединенных проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники - металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Защитное заземление применяют во всех электроустановках до 1000 В с незаземленной нейтралью.

В сельских сетях напряжением 380 В с наглухо заземленной нейтралью применяют зануление. Под занулением понимают соединение корпусов электроприемников, каркасов распределительных щитов и шкафов, стальных труб электропроводки, металлических оболочек кабелей и проводов, станины станков с заземленной нейтральной точкой (нулевой точкой) генератора или вторичной обмотки трансформатора, питающего сеть.

В качестве зануляющих обычно используют рабочие нулевые провода. К однофазным электроприемникам (например, светильникам и электроинструменту) прокладывают отдельный (третий) зануляющий проводник. При замыкании фазы на зануленный корпус электроприемника или другие детали установки происходит однофазное короткое замыкание (к. з.), которое должно вызывать достаточно быстрое (несколько секунд или доли секунды) отключение поврежденного участка электроустановки или электроприемника.

Применение в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью защитного заземления без связи с нулевой точкой источника запрещено. На случай обрыва нулевого провода на воздушных линиях и для снижения напряжения на зануленном оборудовании при повреждении изоляции в нем (в том числе при целом нулевом проводе) по концам линии или ответвленной длиной более 200 м, а также в промежуточных точках не реже чем через 250 м делают повторные заземления нулевого провода. В помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током при напряжении 380/220 В, а также во всех помещениях (кроме взрывоопасных) при напряжении 36 В и ниже переменного тока или 110 В и ниже постоянного тока зануление и защитное заземление не применяют.

Сопrotивление заземлений повторных заземлителей нулевого провода не должно превышать 10 Ом. Если сеть питается от подстанции или электростанции с суммарной мощностью агрегатов до 100 кВа, то сопротивление каждого повторного заземлителя при их количестве не менее трех на линию может достигать 30 Ом.

Наименьшие допустимые размеры стальных зануляющих проводников указаны в таблице. На воздушных линиях стальные однопроволочные нулевые провода, используемые в качестве зануляющих, могут быть того же диаметра, что и фазные (наименьший - 4 мм на линии и 3 мм на ответвлении для ввода в дом).

Проводимость зануляющих проводников из цветных металлов - не менее 0,5 от проводимости фазных проводников на данном участке (кроме воздушных линий, питающих животноводческие фермы, и их внутренних проволок, где проводимости нулевых проводов должны быть не менее проводимости фазных). Наименьшие допустимые по механической прочности сечения зануляющих проводников из цветных металлов указаны в таблице.

В качестве зануляющих проводников в дополнение к ним, а когда достаточно по проводимости, то и вместо них следует применять так называемые естественные зануляющие проводники: металлические трубопроводы (кроме газопроводов и труб, содержащих горючие жидкости и газы), а также стальные конструкции зданий, подкрановые пути.

Металлические оболочки кабелей ( но не проводов). Исключением являются взрывоопасные помещения класса В-1, где в электропроводах во всех случаях должен быть отдельный зануляющий проводник или специальная кабельная жила. Быстрое автоматическое отключение поврежденного участка или электроприемника обеспечивает ток металлического однофазного к. з. только при величине не менее трехкратного номинального тока плавкой вставки предохранителя или номинального тока расцепителя автомата с зависимой от тока характеристикой.

Во взрывоопасных наружных электроустановках или помещениях необходимая кратность - 4 для предохранителя и 6 для автомата с зависимой характеристикой. При установке автоматов с расцепителями, имеющими независимую характеристику ( электромагнитный без теплового реле или часового механизма), ток однофазного короткого замыкания должен в 1,4 раза превышать ток срабатывания расцепителя при номинальном токе автомата до 100 А, или в 1,25 раза при большем номинальном токе.

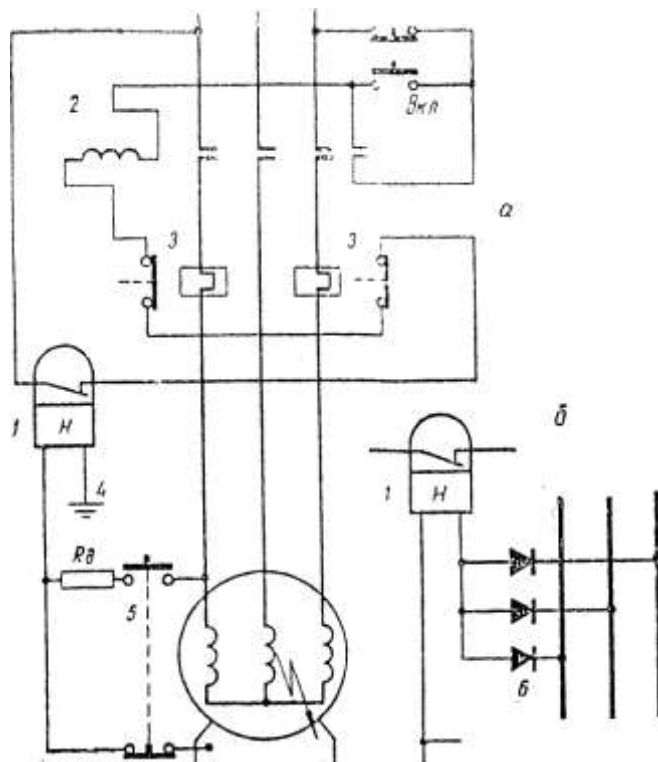


Рисунок 1 - Схема защитного отключения по напряжению.

*a* - со вспомогательным заземлителем: в-фрагмент схемы с выпрямителями вместо заземлителя: 1- реле напряжения: 2- катушка магнитного пускателя: 3- тепловые реле пускателя: 4- вспомогательное заземление: 5- кнопка контроля: 6- выпрямители ДГЦ.

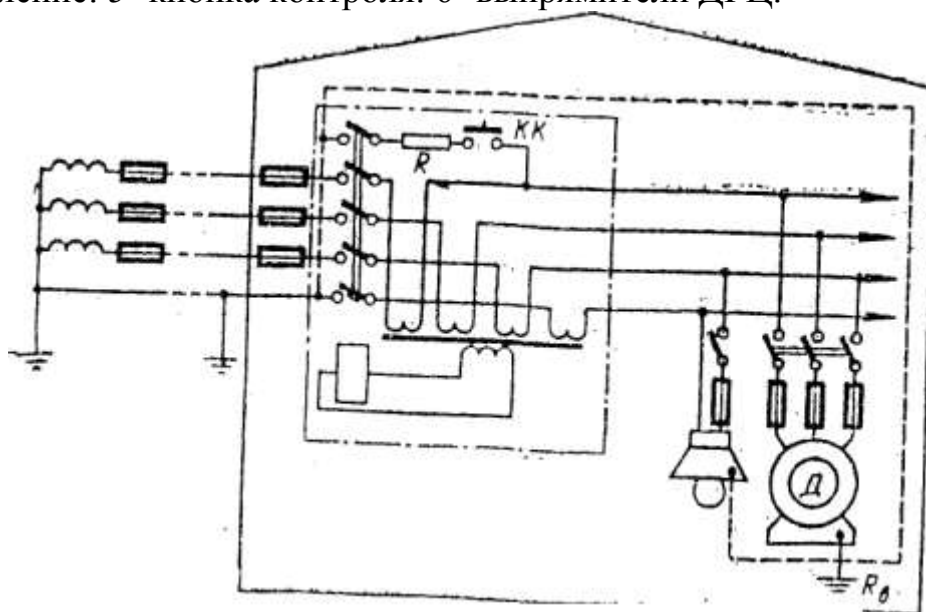


Рисунок 2 - Схема защитного отключения по току утечки.

#### 4. Защитное отключение.

Защитное отключение происходит автоматически не более чем за 0,2 с. При повреждении изоляции относительно корпуса оборудования и для уменьшения вероятности поражения при однофазном прикосновении человека к сети 380/220 В. Применяют его вместо зануления или в



дополнение к нему. Защитное отключение по току утечки уменьшает опасность поражения при прикосновении к токоведущим частям.

Защитное отключение по напряжению осуществляют при помощи реле напряжения типа РН-60 или ЭН-500. Вспомогательное заземление, к которому присоединена катушка автомата, должно иметь сопротивление не более нескольких сотен Ом (вместо 10 или 30 Ом, которое должно было бы иметь повторное заземление при использовании зануления). Если корпус защищаемого оборудования связан с землей, помимо цепи через катушку автомата, то вспомогательное заземление должно отстоять от защищаемого оборудования не менее чем на 10 м.

Для защитного отключения по току утечки служит специальный автоматический выключатель, например типа **F1** которым применен трансформаторный фильтр токов нулевой последовательности с первичными обмотками для всех 4 проводов сети и с одной вторичной обмоткой, замкнутой на отключающую катушку автомата. Пока в защищаемых токоприемниках нет утечки тока через изоляцию на землю, в магнитопроводе трансформаторного фильтра сумма мгновенных значений магнитных потоков от всех четырех катушек равна нулю. Появление тока утечки определенной величины приводит к появлению во вторичной обмотке тока, достаточного для отключения автомата. Вместо вспомогательного заземления здесь можно использовать и зануление, но присоединять защищаемые металлические предметы к нулевому проводу надо до автомата по ходу энергии, а не после автомата. Иначе ток утечки будет проходить через фильтр и к месту повреждения и обратно, отчего автомат не сработает. Автоматы *F1* имеют токи срабатывания от 30 до 300 мА.

Разработаны для сельскохозяйственных установок защитно - отключающие устройства (ЗОУ) с токами срабатывания 10 и 20 мА. Надо помнить, что их нельзя применять для одновременной защиты большой группы электроприемников: в этом случае происходят ложные срабатывания из-за токов утечки, которые всегда есть даже в практически исправной электрической сети (например, на вводе фермы они иногда превышают 10 мА). ЗОУ применяют для индивидуальной защиты цепи одного электро - приемника или группы из двух - трех приемников. Для обеспечения высокой чувствительности эти устройства снабжены полупроводниковыми усилителями между вторичной катушкой трансформаторного фильтра токов нулевой последовательности и катушкой магнитного пускателя или автомата, отключающего сеть.

Защитно-отключающее устройство ЗОУП-25 для передвижных электроустановок состоит из магнитного пускателя ПМЕ-236 и блока защитного устройства, встроенного в корпус пускателя вместо термобиметаллических реле. Оно применимо и для стационарных электроприемников в сети с заземленной нейтралью.

Реле утечки серии РУД-02 бывают двух исполнений: для однофазных двухпроводных цепей РУД-022 (применяют в жилых и вспомогательных помещениях; контакты обеспечивают непосредственное отключение и

включение защищаемой цепи); для четырехпроводной сети с заземленной нейтралью - РУД-024 (применяют в комплекте с пускателем или автоматом, уже имеющимся в установке; контакты воздействуют на катушку пускателя или независимого расцепителя автомата). Реле РУД-024 допустимо к установке в помещениях с запыленной или агрессивной средой только в специальном защитном кожухе (например, в аппаратном ящике ЯАП-1 сборных распределительных устройств серии РУС). Технические характеристики устройств ЗОУП-25 и РУД-02 приведены в таблице.

Таблица 1 - Технические характеристики защитно-отключающих устройств по току утечки.

Наименование показателя	Значение показателей для устройства		
	ЗОУП-25	РУД-022	РУД-024
Номинальное напряжение, В	380	220	380
Номинальный ток, А	25	10	25
Уставка, мА	10+3	10+1	20+2
Время срабатывания, с	Не более 0,05	0,05	0,025
Относительная влажность не более, %	90	80	98
Температура окружающего воздуха, °С	±40	0±50	-40 ±50
Высота над уровнем моря не более, м	1000	2000	2000
Масса, г	4,5	1,5	1,3/3,8
Габариты, мм	160x256x150	165x100x115	165x100x115 (262x140x135 в кожухе)
Мощность, потребляемая полупроводниковой схемой, Вт	30		
Число включений и отключений	10		

Для нормальной работы полупроводникового реле необходимо напряжение в сети в пределах 0,85 - 1,1 от номинального.

Установочные автоматические выключатели серии АЕ-2000 могут иметь блок чувствительного органа для защитного отключения по току утечки с полупроводниковым реле, для нормальной работы которого напряжение сети должно быть в пределах 0,85 - 1,1 от номинального. Время срабатывания автомата не более 0,1 с, а время готовности выключателя к работе 0,2 с. Автомат предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от -40 до +40°С, относительной влажности до 90% и высоте над уровнем моря до 1000м.

Защитное отключение по току в нулевом проводе ( в сочетании с занулением) при номинальном токе до 50 А выполняют с помощью автомата АК50-2МЗТО, имеющего мгновенный электромагнитный токовый

расцепитель в нулевом проводе (при еще двух - в фазах). При больших токах используют магнитные пускатели или автоматы с независимыми расцепителями (например, А3124 или А3134) и реле типа РЭ-571т., включенным в нулевой повод и действующим на катушку пускателя или независимого расцепителя автомата. Так как обычно ток в нулевом проводе не превышает 0,5 от тока в фазном проводе, уставка реле или расцепителя в нулевом проводе может быть значительно меньше, чем номинальный ток фазных расцепителей. Тем самым создается чувствительная мгновенная защита от однофазных коротких замыканий на зануленное оборудование. При этом достаточно обеспечить отношение тока однофазного к. з. к току срабатывания расцепителя в нулевом проводе, равное 1,4, а по отношению к уставке реле РЭ-571т., равное 2, как для мгновенных максимальных токовых защит (отсечек).

Таблица 2 - Технические характеристики установочных автоматов с блоком защитного отключения по току утечки.

Наименование	Значение показателя для автомата			
	АЕ-2045-13р	АЕ-2046-13р	АЕ-2035-13р	АЕ-2036-13р
Номинальное напряжение, В	220	380	220	380
Номинальный ток, А	40	40	25	25
Уставка по току утечки, мА	15±2	15±2	10±2	10±2
Масса, не более кг.	1,5	1,5	0,81	0,86
Габариты, мм.	213x130x75	213x130x75	167x124x75	167x124x75

## 5. Первая помощь пострадавшему от электрического тока.

Пострадавшего нужно как можно быстрее освободить от действия тока. Для этого отключают ту часть электроустановки, которой касается пострадавший. При напряжении до 400 Вт. Для этого можно воспользоваться любыми не проводящими ток предметами: встать на сверток сухой одежды или на доску, обмотать шарфом руку, которой затем оттащить пострадавшего. Даже голый рукой можно взять пострадавшего за сухую одежду, но нельзя касаться его голого тела или обуви, которая может быть влажной или имеет металлические детали. Если пострадавший касается одного из проводов, то прервать ток можно, подсунув под пострадавшего сухую доску или оттянуть ноги от земли палкой ли с помощью сухой веревки. Иногда быстрее перерубить провода инструментом с

изолированными ручками (рубить их - по одному, чтобы не появилась электрическая дуга из-за короткого замыкания).

Если напряжение установки более 400 В и быстрое отключение невозможно, то следует либо оттащить пострадавшего от частей установки под напряжением, пользуясь изолирующими защитными средствами, рассчитанными на это напряжение (штанги, клещи для предохранителей, а также диэлектрические боты и перчатки), либо вызвать автоматическое отключение установки, устройств в ней короткое замыкание на безопасном расстоянии от пострадавшего. Например, на воздушной линии набрасывают голый провод на 2-3 фазы линии, предварительно присоединив этот провод какому-либо заземлителю. Набрасываемый провод после соприкосновения с проводами линии не должен касаться бросавшего или других людей, и никто не должен стоять ближе 5 метров от заземлителя.

После отключения линии напряжением выше 1000 В на ней может сохраниться опасный для жизни емкостный заряд. Лишь после надежного ее заземления к пострадавшему можно прикасаться без изолирующих штанг, клещей и т.п.

Прежде всего, надо постараться вызвать скорую медицинскую помощь, и, не теряя времени, одновременно оказать первую помощь пострадавшему.

Если пострадавший не дышит совсем или, находясь в бессознательном состоянии, дышит редко и судорожно, то нужно делать искусственное дыхание. Перед этим надо быстро расстегнуть одежду пострадавшего, стесняющую дыхание (галстук, пояс), но не следует раздевать его, так как это бесполезно отнимает время, а вероятность успеха тем меньше, чем позже начато искусственное дыхание. Нужно также раскрыть рот пострадавшего и удалить все, что может мешать дыханию (сместившиеся зубные протезы и т.д.).

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является следующее: Пострадавшего кладут на спину, подложив под лопатки что-либо мягкое так, чтобы голова запрокинулась назад как можно больше, зажимают ему нос и, глубоко вдохнув, выдыхают воздух в рот пострадавшего. Назад воздух выходит сам.

Если у пострадавшего расширены зрачки и пульс не прощупывается даже на шее, то у него парализовано не только дыхание, но и сердце. Тогда искусственное дыхание чередуют с массажем сердца путем надавливания на нижнюю треть грудной клетки пострадавшего быстрыми толчками положенных одна на другую ладоней спасателя (там, где грудина выдается мечевидным отростком в виде угла над животом, но не «под ложечкой»). Делают 4-5 толчков со скоростью примерно раз в секунду так, чтобы грудина смещалась в направлении к позвоночнику на 4-5 см. Затем дважды спасатель делает глубокий вдох и, зажав ноздри пострадавшего, вдует воздух ему в рот. Затем опять делает 4-5 нажатий на грудину и т.д.

Когда пострадавший пошевелит губами, веками или сделает глотательное движение горлом, нужно проверить, не начнет ли он дышать самостоятельно и равномерно. Искусственное дыхание прекращают, иначе

оно может только повредить. Если же после нескольких мгновений ожидания окажется, что пострадавший не дышит, искусственное дыхание немедленно возобновляют. Летальным исход несчастного случая можно считать только в том случае, если после часа искусственного дыхания в сочетании с массажем собственное дыхание у пострадавшего не появляется и резко расширенные зрачки не суживаются.

#### **6. Электробезопасность на животноводческих фермах.**

Большинство помещений животноводческих ферм по степени опасности поражения электрическим током относятся к особо опасным. В них запрещена работа на токоведущих частях, находящихся под напряжением, и замена под напряжением ламп. Сечение и марка нулевого провода на линии, питающей животноводческие помещения, а также во внутренней проводке должны быть такими же, как и у фазных проводов. Электролампы следует равномерно распределить по фазным проводам и включать их трехполюсными выключателями. Однополюсные выключатели - только для светильников суммарной мощностью не более 20% от общей мощности освещения фермы. Все другие однофазные токоприемники, кроме имеющих мощность не более 0,6 кВт, включать на линейное напряжение, причем и в этом случае их мощность не должна быть более 1,3 кВт (иначе надо применять трехфазные).

Выключатели и предохранители размещают в соседних с сырыми сухих помещениях. Кнопки управления пусковой аппаратурой устанавливают у рабочих мест.

Троллейные провода или шины для электротранспорта или для облучательных и других установок в животноводческих помещениях подвешивают на высоте не менее 3 м. от уровня пола. Напряжение на них подают только на время работы.

Корпуса стригальных агрегатов, рубильников, чугунные крышки выключателей зануляют. В качестве заземляющих электродов передвижного электростригального пункта применяют два отрезка двухдюймовой трубы, заглубленных в землю не менее чем на 1,5 м. Электрик, обслуживающий электрооборудование, должен иметь III квалификационную группу; он может менять плавкие предохранители, делать переключения на щитах и сборках. Участие второго лица требуется только при работах на высоте более двух метров, с лестниц или подмостей или при работах без снятия напряжения (в помещениях без повышенной опасности).

Персонал, обслуживающий установки для ультрафиолетового облучения животных или птицы, должен иметь квалификацию по III группе, пользоваться очками с дымчатыми или бесцветными, но толстыми стеклами (не менее 3 мм.) и по возможности не находится в зоне действия ультрафиолетовых лучей.

При использовании электроизгороди запрещается браться за проволоку, осматривать и исправлять ее, когда она находится под напряжением. Не следует включать пульсатор до присоединения к проволоке изгороди и открывать крышку включенного пульсатора в сырую погоду.

Строго запрещается подключать батарейную электроизгородь к электросети. Наиболее эффективным мероприятием для обеспечения электробезопасности крупного рогатого скота, является применение выравнивания потенциалов путем заложения в пол под передними и задними ногами коров (на расстоянии 1,2-1,4 м.) стальной катанки диаметром 6-8 мм., соединенной со всеми металлоконструкциями и трубопроводами, доступными для прикосновения животных. Раз в полгода целость выравнивающих проводников проверяется измерением сопротивления петля из двух проводников. Оно должно быть не более 1 Ом.

Если стойловое помещение не содержит металлоконструкций или транспортеров, вместо выравнивания потенциалов можно применять изоляционные вставки длиной не менее 1 м. Ими отделяют автопоилки от водопроводной магистрали, электрически связанной с корпусом электронасоса, электроводонагревателя. Длину вставки определяют по номограмме. Изолирующую вставку длиной 20-25 см., включают в вакуумпровод доильной установки. Этим защищают коров от заноса опасного потенциала.

Электропроводку в помещениях для скота прокладывают на высоте не менее 2,5 м. Если это требование выполнить невозможно, проводку прокладывают в стальных трубах или выполняют защищенными проводами. Между электропроводкой и трубопроводами внутри здания выдерживают расстояние не менее 10 см.

Для изоляции электродвигателей и электрических аппаратов на машинах и механизмах доступных прикосновению животных, между корпусами электрооборудования и этими машинами применяют изолирующие муфты, прокладки или звенья, которые должны выдерживать в течение 1 мин., испытательное напряжение 4 кВ., переменного тока частотой 50 Гц.

Электродные водонагреватели допустимы к эксплуатации только с блокировкой, исключающей открытие водоразборного крана до отключения нагревателя от электросети. Кроме того, электродные водонагреватели должны быть трехфазными, с зануленным и незаземленным корпусом, который зануляют. В зануляющий провод включают катушку токового реле или расцепителя автомата, срабатывающего при токе в 20% от номинального тока водонагревателя. Трубопроводы для электропроводки и для воды зануляют. Последние присоединяют к корпусу водонагревателя через изолирующие вставки с сопротивлением столба воды не менее 2000 Ом при расчетном удельном сопротивлении воды не более 2 Ом.

Электрифицированные передвижные машины и аппараты (или стационарные, но с питанием по гибкому кабелю), если они не перемещаются сами, на время передвижения отключают от источника питания, а кабель отсоединяют от неподвижного щитка (для предотвращения чрезмерного натяжения, отчего может повредиться изоляция или оборваться зануляющая жила). Для присоединения передвижных и переносных

электроприемников а помещениях ферм размещают штепсельные соединения в герметизированном исполнении с зануляющим контактом.

## **2.2 Лабораторная работа №3,4 ( 4 часа).**

### **Тема: «Магнитные пускатели.»**

#### Список литературы

Воробьев В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства [текст]: учебник / В.А.Воробьев - М.: «Колос», 2005.-280 с.

*Цель работы.* Изучить устройство, принцип действия, применение и схемы включения магнитных пускателей.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Магнитные пускатели типа ПМЕ, ПА, ПНВ-39 и ПМН - по 1 шт.; кнопочные станции типа КС-2, КС-3 - по 1 шт.; набор нагревательных элементов к тепловым реле; тепловые реле типа РТ, ТРН - по 1 шт.; стенд с трехфазным асинхронным электродвигателем и механическим тормозом; амперметр на 20А; вольтметр на 250 В; соединительные провода с площадью сечения 2,5 мм<sup>2</sup>, длиной 1 м - 12 шт.

#### *Содержание работы.*

1. Изучить устройство магнитных пускателей: обычного и реверсивного.
2. Вычертить и собрать электрическую цепь с магнитным пускателем, кнопочной станцией и трехфазным электродвигателем.
3. Проверить работу магнитного пускателя, вспомогательных контактов и нулевой защиты.
4. Изучить устройство и проверить работу тепловых реле, магнитного пускателя.
5. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Магнитный пускатель предназначен для автоматического и дистанционного управления асинхронными электродвигателями и другими электроприемниками. В устройстве магнитного пускателя используют явление магнитного действия тока. Пускатель состоит из контактора переменного тока и теплового реле, принцип действия которого основан на тепловом действии тока и тепловом расширении тел.

Контактор переменного тока состоит из двух основных частей: неподвижной и подвижной.

**Неподвижная часть** представляет собой изоляционное основание 4, на котором укреплены три пары: основных (силовых) контактов Л1-С1, Л2-- С2, Л3—С3 и одна или несколько пар в зависимости от типа пускателя

вспомогательных контактов.. На этом же основании установлен Ш-образный сердечник (магнитопровод) 3 (верхняя часть), набранный из изолированных листов электротехнической стали. На средний стержень сердечника надета катушка 2, которая рассчитана на напряжение 127, 220 или 380 В переменного тока частотой 50 Гц.

**Подвижная часть** контактора также выполнена из изоляционного материала. На ней укреплены мостиковые контакты 6, соединяющиеся в процессе работы с основными и вспомогательными контактами. К подвижной части пускателя прикреплен Ш-образный магнитопровод 1 (нижняя часть), который средним стержнем входит внутрь катушки.

При подаче тока в катушку сердечник неподвижной части магнитного контактора намагничивается и притягивает к себе сердечник подвижной части. При этом основные и вспомогательные контакты замыкаются, и трехфазный ток течет к электроприемнику. Для выключения трехфазного тока, идущего к электроприемнику, достаточно прекратить протекание тока через катушку контактора. При этом сердечник размагничивается, и подвижная часть контактора под действием собственной массы перемещается вниз, разрывая все контакты.

Для защиты электродвигателей от перегрузки в магнитных пускателях монтируют тепловые реле. На кожухе пускателя имеет специальную кнопку возврата тепловых реле после их срабатывания и остывания. Некоторые типы пускателей не имеют тепловых реле. При выборе магнитных пускателей, прежде всего необходимо обращать внимание на наибольшую допустимую мощность электродвигателя. Если пускатель управляет электродвигателем большей мощности, чем указано в паспорте магнитного пускателя, то его контактная система быстро выйдет из строя. Напряжение, указанное на втягивающей катушке, должно соответствовать напряжению в сети. Если оно больше напряжения катушки, то последняя сгорит при первом же включении магнитного пускателя.

При изучении устройства обычного и реверсивного магнитных пускателей нужно обратить внимание на особенности конструкции подвижной и неподвижной частей, основные и вспомогательные контакты, электрические и механические блокировки в пускателях и кнопочных станциях.

На рисунке 2 представлена схема включения *нереверсивного магнитного пускателя*. Для пуска и остановки двигателя используют кнопочную станцию с двумя кнопками. При нажатии кнопки SB1 «Пуск» через размыкающий контакт SB2 «Стоп» замыкается цепь катушки КМ магнитного пускателя. Электрический ток течет по цепи А-Л1-SB2-SB1-2-KK1-KK2-КМ-Л3-С. Это вызывает намагничивание верхней части магнитопровода пускателя, в результате чего подвижная часть притягивается к неподвижной, включаются силовые контакты Л1 - С1, Л2-С2 и Л3-С3 в главной цепи электродвигателя и он оказывается включенным в сеть. Одновременно соединяется замыкающий вспомогательный контакт 1-2 (самопитания), включенный параллельно кнопке SB1 «Пуск», что позволяет



отпустить ее, не вызвав при этом разрыва цепи управления. Электродвигатель отключают от сети нажатием кнопки SB2 «Стоп».

Работу "вспомогательных контактов магнитного пускателя проверяют, закладывая между ними изоляционный материал (бумагу, картон и др.). При наличии во вспомогательном контакте диэлектрика магнитный пускатель включается при нажатии кнопки «Пуск» и отключается при отпускании этой кнопки.

Магнитный пускатель обеспечивает нулевую защиту, т. е. защиту электрической установки от самопроизвольного повторного: включения при восстановлении напряжения после аварийного снижения до нуля или до недопустимо низких значений. «При отключении напряжения вследствие перебоев в электроснабжении катушка магнитного пускателя обесточивается, магнитопровод размагничивается и подвижная часть пускателей под действием собственной массы опускается, вызывая размыкание основных контактов и отключение электроприемника. При появлении напряжения в сети пускатель не включится до тех пор, пока не будет нажата кнопка «Пуск».

Если электродвигатель включить рубильником, пакетным выключателем или контроллером, то при перебое в электроснабжении и в случае остановки двигателя схема не нарушится, т. е. при восстановлении напряжения двигатель самопроизвольно включится в сеть. Такой самопроизвольный пуск может быть причиной аварии или несчастного случая.

Работу нулевой защиты магнитного пускателя проверяют, отключив на короткое время (1... 2 с) напряжение рубильником или автоматическим выключателем и снова включив напряжение. При этом магнитный пускатель должен отключиться. То же происходит при снижении напряжения до 50... 60% от номинального. Замена кнопочной станции аппаратами ручного управления без самовозврата, например пакетным выключателем или тумблером, приводит к тому, что схема теряет свойство нулевой защиты.

Тепловое реле предназначено для защиты электродвигателей и других электроустановок от перегрузок. Оно состоит из нагревательного элемента (нихромовая проволоочная спираль или лента), включаемого последовательно в цепь, биметаллической пластинки и контактов КК1 и КК2, включаемых в цепь катушки магнитного пускателя. Биметаллическая пластинка представляет собой конструкцию, сваренную из двух разнородных металлических пластинок. Одна пластинка выполнена из металла с высоким коэффициентом теплового расширения, например латунь, никель, а другая - из металла (сплава) с меньшим коэффициентом теплового расширения, например инвара. При нагревании такой пластинки одна из сторон расширяется сильнее, чем другая, поэтому пластинка изгибается.

При перегрузке электроустановки через нагревательный элемент проходит большой ток. От теплоты, выделяемой в нагревательном элементе, биметаллическая пластинка изгибается и, воздействуя через систему рычагов, размыкает контакты в цепи катушки магнитного пускателя.

Катушка обесточивается, главные контакты пускателя при этом размыкаются, электроустановка (электродвигатель) отключается от сети. В исходное положение контакты теплового реле возвращаются в результате нажатия кнопки «Возврат» или автоматически, при помощи механизма самовозврата, после остывания биметаллической пластинки.

Тепловые реле выпускают однополюсными типа РТ и двухполюсными типа ТРИ. Однополюсные реле устанавливают в магнитные пускатели по два, двухполюсные — по одному.

**Реле типа РТ** состоит из нагревательного элемента 1, биметаллической пластинки 2, контактов 5, пружины 3 и кнопки возврата 4.

Нагревательный элемент 1 включен после силовых контактов магнитного пускателя последовательно с обмоткой электродвигателя. Контакты реле КК1 и КК2 включены последовательно с катушкой пускателя. Нагревательный элемент выбирают по номинальному току защищаемого электродвигателя. Поэтому при протекании номинального тока в обмотке электродвигателя нагревательный элемент не нагревается. При перегрузках электродвигателя ток в обмотке возрастает, и нагревательный элемент теплового реле нагревается.

Излучаемая нагревательным элементом теплота нагревает биметаллическую пластинку 2, которая, изгибаясь, разрывает контакты 5 (КК1, КК2) в цепи катушки магнитного пускателя, и электродвигатель отключается. Для приведения теплового реле в состояние готовности нужно после остывания биметаллической пластинки нажать кнопку возврата 4.

**Двухполюсное реле типа ТРИ** состоит из пластмассового корпуса, разделенного на три ячейки. В крайних ячейках размещены нагревательные элементы 1, в средней - - температурный компенсатор 3, регулятор тока срабатывания 4, механизм разделителя, размыкающий контакт 8 мостикового типа и рычаг ручного возврата 6.

При протекании тока перегрузки через нагревательный элемент 1 основная биметаллическая пластинка 2, деформируясь (показано пунктиром), перемещает вправо толкатель./0, связанный жестко с биметаллической пластинкой температурного компенсатора 3. Направление незначительной деформации пластины компенсатора противоположно направлению деформации основной пластины.

Вследствие этого пластина компенсатора начинает перемещаться вправо. При этом защелка 7 освобождается, штанга расцепителя 6 под действием пружины 9 отходит вверх, контакты 8 реле размыкаются.

Для каждого типа реле выпускают комплекты сменных нагревательных элементов, которые подбирают по номинальному току электродвигателя. Работу тепловых реле проверяют на стенде, где установлены электродвигатель, магнитный пускатель, амперметр и ручной тормоз. Нажимая рукоятку ручного тормоза, отмечают изменения тока по показаниям амперметра и коэффициента мощности - - по показаниям фазометра. Одновременно следят за покраснением нагревательных элементов, изгибом биметаллических пластинок и срабатыванием тепловых реле. После

остывания нагревательного элемента и биметаллической пластинки тепловое реле приводят в состояние готовности, нажимая кнопку возврата. Магнитный пускатель отключается при обрыве одной из фаз сети. При этом также срабатывают тепловые реле за счет повышения силы тока в оставшихся фазах,

**Реверсивный магнитный пускатель** состоит из двух обычных пускателей, один из которых обеспечивает вращение вала двигателя в одном направлении, другой в противоположном, Реверсивный

магнитный пускатель управляется при помощи кнопочной станции, имеющей три кнопки. Между ними имеется механическая блокировка, что исключает возможность одновременного срабатывания обоих пускателей. Реверсивные магнитные пускатели применяют в схемах управления стационарными кормораздатчиками, штанговыми и скреперными навозными транспортерами.

### **2.3 Лабораторная работа № 5,6 ( 4 часа).**

#### **Тема: «Трехфазный электродвигатель»**

##### Список литературы

Воробьев В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства [текст]: учебник / В.А.Воробьев - М.; «Колос», 2005.-280 с.

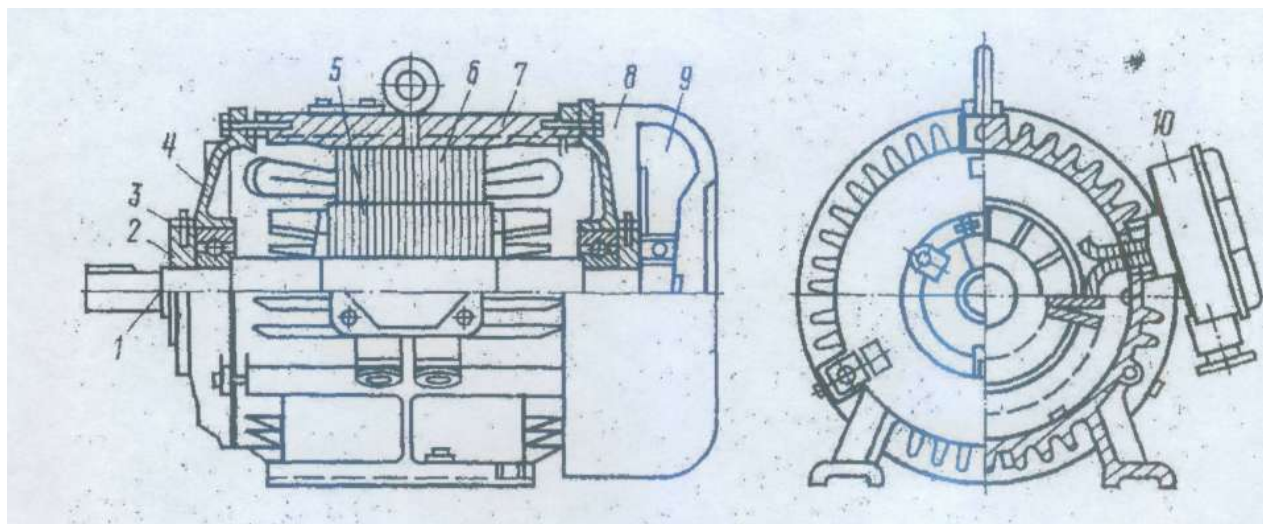
*Цель работы.* Изучение устройства, принципа действия, схем включения и паспортных данных трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Трехфазные асинхронные, электродвигатели различных серий и исполнений по 1 шт.; реверсивный рубильник; амперметры на 10 и 30 А; вольтметры на 250 В; лампа накаливания с патроном; картонные бирки с цифрами от 1 до 6; соединительные провода с площадью сечения 2,5 мм<sup>2</sup>, длиной 1м - - 6 шт.

##### *Содержание работы.*

- 1.Изучить устройство трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя.
- 2.Включить обмотки электродвигателя в сеть звездой и треугольником, измерить пусковые токи и снижение напряжения на зажимах в момент пуска.
- 3.Собрать электрическую цепь с электродвигателем и реверсивным рубильником.
- 4.Включить трехфазный электродвигатель в однофазную сеть.
- 5.Составить и сдать отчет о проделанной работе.

Методические указания к работе. Асинхронный короткозамкнутый трехфазный электродвигатель самый распространенный из всех электрических двигателей. В основу устройства электродвигателя положено явление электромагнитной индукции. Основные части асинхронного двигателя неподвижный статор и вращающийся ротор.



*Устройство трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя:*

*1 — вал ротора; 2 — подшипник; 3 — крышка подшипника; 4 — подшипниковый щит; 5 — пакет ротора; 6 — сердечник статора; 7 — корпус; 8 — кожух вентилятора; 9 — вентилятор; 10 — коробка выводов.*

*Статор* состоит из корпуса 7, пакета сердечника статора 6 и трех обмоток. Корпус вместе с лапами для крепления к фундаменту отливают из чугуна или сплавов алюминия. Сердечник статора имеет форму полого цилиндра с продольными пазами на внутренней поверхности. Для уменьшения вихревых токов его набирают из штампованных, изолированных листов электротехнической стали толщиной 0,3... 0,5 мм. В пазы сердечника уложены три одинаковые обмотки (фазы), оси которых находятся под углом 120°.

*Ротор* короткозамкнутого электродвигателя состоит из стального вала, наборного сердечника и короткозамкнутой обмотки в виде беличьего колеса. Короткозамкнутую обмотку изготовляют путем заливки расплавленного алюминия в пазы ротора, находящегося внутри статора. С двух сторон статора расположены подшипниковые щиты 4, которые при помощи винтов крепят к корпусу.

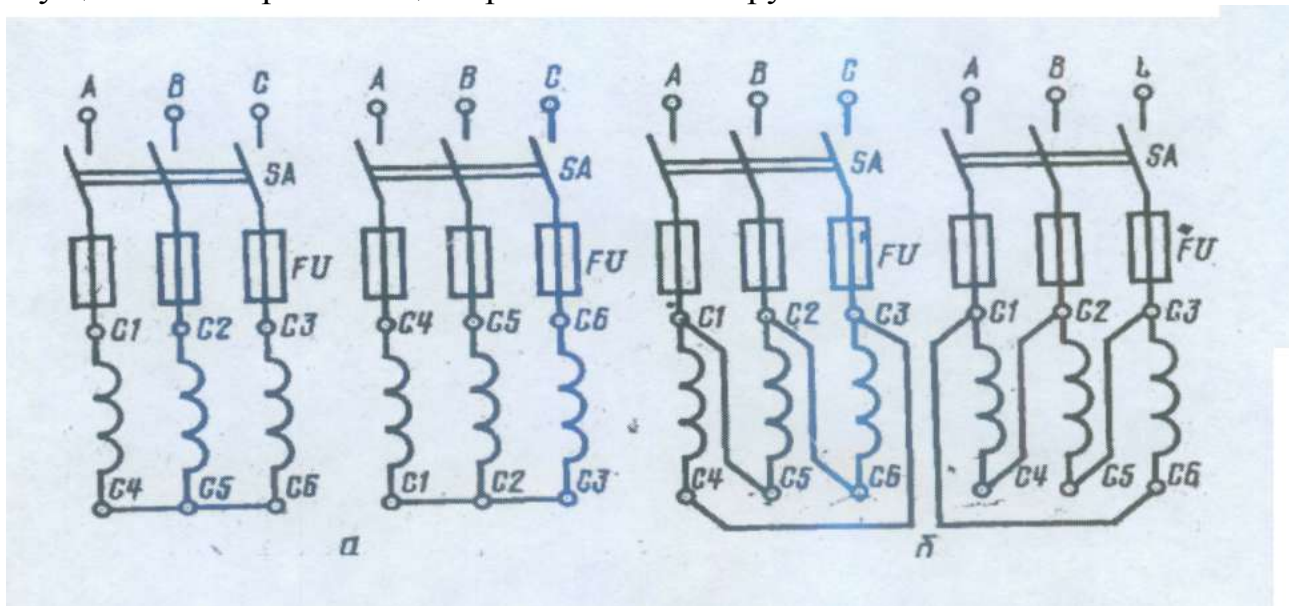
*Принцип работы асинхронных электродвигателей* основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с токами, которые наводятся этим полем в роторной обмотке. Если фазы статора соединить звездой или треугольником и подключить к сети трехфазного тока, то в магнитной системе возникает вращающееся магнитное поле, которое пересекает проводники роторной обмотки и наводит в них электродвижущие

силы. Под действием этих сил в короткозамкнутой обмотке возникают токи, взаимодействующие с вращающимся полем статора и вызывающие вращение ротора.

Выводы обмоток трехфазного электродвигателя имеют маркировку в виде металлических бирок (пластинок). На бирках выбита буква С с цифрами от 1 до 6. Первая обмотка имеет выводы С1, С4, вторая—С2, С5 и третья - - С3, С6, причем С1, С2, С3— это начала, а С4, С5 и С6— концы обмоток.

Для соединения обмоток электродвигателя звездой необходимо все концы (С4, С5, С6) собрать в одну точку, а начала (С1, С2, С3) подключить к трем фазам сети. Чтобы соединить обмотки треугольником, надо конец одной обмотки соединить с началом другой, затем ее конец соединяют с началом следующей и т. д. Точки соединения выводов обмоток присоединяют к трем фазам сети. Для правильного включения асинхронного электродвигателя нужно знать напряжение сети и напряжение, на которое он рассчитан. При этом следует руководствоваться таблицей 1.

Для изменения направления вращения вала электродвигателя (реверсирования) меняют местами две любые фазы сети. Реверсирование осуществляют при помощи переключателей и рубильников.



*Схемы соединения обмоток трехфазного электродвигателя:  
а - звездой; б — треугольником.*

При пуске электродвигатель имеет повышенный пусковой ток, в 5...7 раз превышающий номинальный. Большие пусковые токи вызывают большое снижение напряжения в сети, что вредно отражается на работе других электроприемников. Для снижения пусковых токов трехфазных электродвигателей с короткозамкнутым ротором применяют переключатели со звезды на треугольник и электродвигатели с фазным ротором.

Трехфазный электродвигатель можно включать, в однофазную сеть. В этом случае две обмотки, соединенные последовательно (встречно), включают в сеть в качестве рабочей, а третью используют как пусковую. Эту

обмотку включают через конденсатор или резистор только на время пуска и после того, как электродвигатель развил нормальную частоту вращения, ее отключают от сети. Двигатель продолжает работать с одной рабочей обмоткой. При включении трехфазного электродвигателя в однофазную сеть он развивает мощность 50 ...60% от номинальной. По таблице 2 можно подобрать значения емкостей и сопротивлений.

В сельскохозяйственном производстве применяют электродвигатели серии А, А2 и 4А. Каждый электрический двигатель имеет паспорт металлическую табличку, укрепленную на корпусе. В паспорте приведены основные технические данные электродвигателя и указан его тип.

Таблица 1. Выбор схемы электродвигателя в сети в зависимости от напряжения электродвигателя в сети

Напряжение электродвигателя, В	Схема включения при напряжении в сети, В		
	220/127	380/220	660/380
220/127	Y	—	—
380/220	Δ	Y	—
660/380	—	Δ	Y

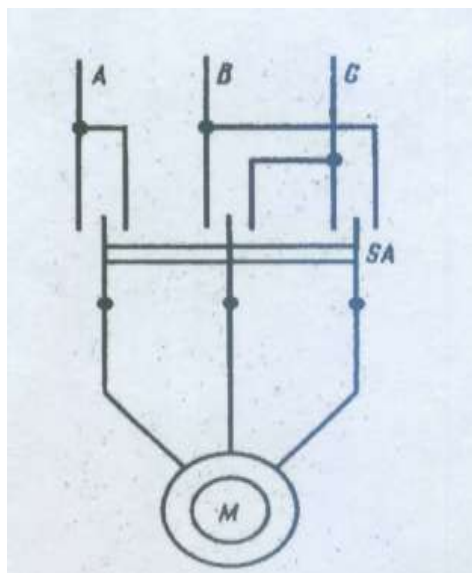
Таблица 2. Подбор конденсатора и резистора в зависимости от мощности электродвигателя

Мощность электродвигателя, кВт	Емкость конденсатора, мкФ	Сопротивление резистора,
0,6	40	25. ..30
1,0	60	20.. .25
1,7	ПО	12. ..15
2,8	185	8. ..10
4,0	260	5. ..7

Буквы в паспорте электродвигателей серии А и А2 обозначают: А - чугунный корпус, защищенное исполнение; АЛ - алюминиевый корпус, защищенное исполнение; АО - чугунный корпус, обдуваемое исполнение; АОЛ - алюминиевый корпус, обдуваемое исполнение; С - повышенное скольжение; П - повышенный пусковой момент; К - наличие фазного ротора.

Цифры после букв обозначают; первая - модификацию двигателя, вторая - диаметр сердечника статора (габарит), третья - длину пакета статора, последняя - число полюсов.





*Схема включения трехфазного электродвигателя через реверсивный рубильник*

Электродвигатели серий 4А имеют ряд преимуществ по сравнению с другими: их масса и габариты меньше, пусковые моменты увеличены, уровень шума и вибрация снижены, они более надежны и долговечны, более удобны при монтаже и эксплуатации, имеют современное конструкторско-художественное оформление. Обозначения в паспорте двигателя единой серии 4А расшифровываются следующим образом: А - асинхронный двигатель; Н—защищенного исполнения (отсутствие буквы Н указывает на закрытое обдуваемое исполнение); А - - станина и щиты из алюминиевого сплава; Х станина алюминиевая, щиты чугунные (отсутствие букв А и Х означает, что станина и щиты чугунные); две или три цифры указывают высоту(мм) оси вращения; 8, М, Б установочный размер по длине станины; А и В - - длина сердечника статора; 2... 12 число полюсов; также указывают климатическое исполнение и категорию размещения.

Так, например, марка двигателя 4АН1608В4УЗ означает: асинхронный короткозамкнутый двигатель четвертой единой серии, защищенного исполнения, с высотой оси вращения 160 мм, с установочным размером по длине станины 8, четырехполюсный, для использования в местностях умеренного климата, третьей категории размещения. Специальные исполнения электродвигателей отличают буквами в конце обозначения, например 4А1602СХ означает: двигатель сельскохозяйственного назначения.

В паспорте также указывают номинальную мощность (кВт), номинальную частоту вращения ротора. Так как электродвигатель асинхронный, то частота вращения ротора несколько меньше частоты вращения магнитного поля.

Частоту вращения магнитного поля (мин<sup>-1</sup>) определяют по формуле

$$n_{\text{м.п}} = 60f/p$$

где  $f$ — частота тока сети ( $f=50$  Гц);  $p$  — число пар магнитных полюсов на фазу двигателя

Величину, характеризующую отставание ротора от магнитного поля, называют скольжением (%) и подсчитывают по формуле

$$S = \frac{(n_{м.п} - n_n) 100}{n_{м.п}}$$

Где  $n_n$  - номинальная частота вращения ротора двигателя, мин<sup>-1</sup>

Обычно  $S$  изменяется в диапазоне 2... 7 %.

Коэффициент полезного действия электродвигателя  $\eta$  показывает отношение номинальной мощности  $P_n$  к мощности, потребляемой из сети, т. е. присоединенной  $P_{прис}$ ,

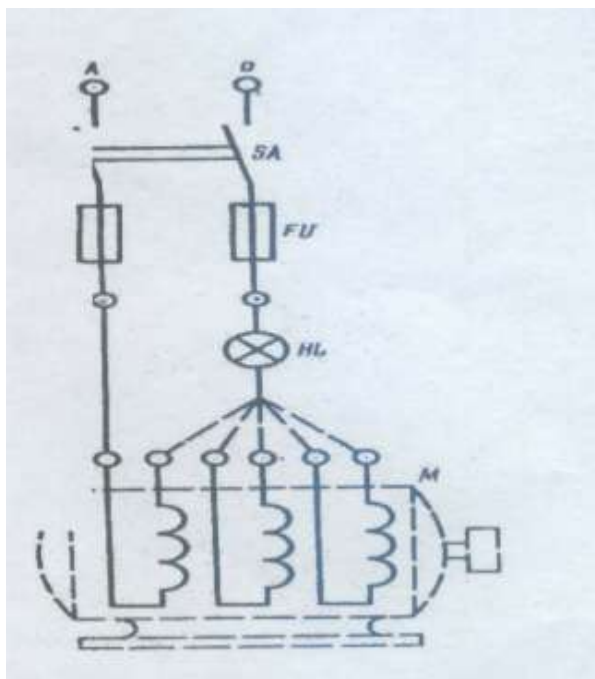
$$\eta = P_n / P_{прис}$$

Коэффициент мощности  $\cos \varphi$  характеризует отношение номинальной (активной) мощности  $P_n$  электродвигателя к полной мощности

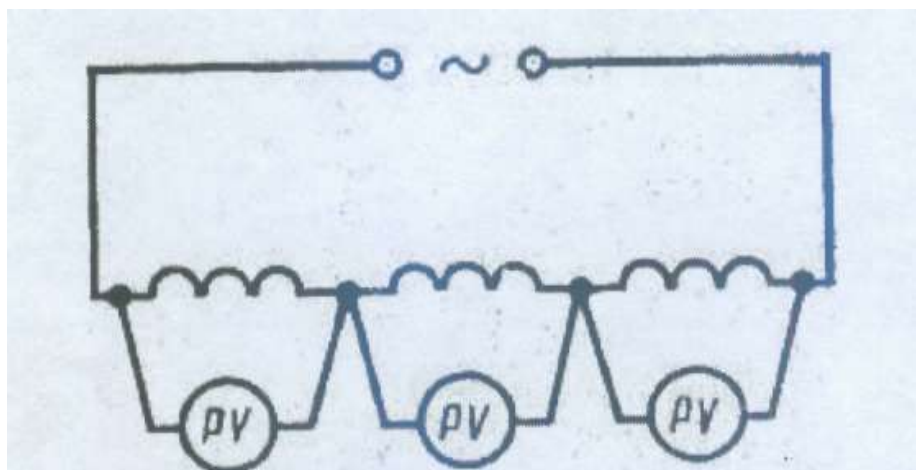
$$\cos \varphi = P_n / S$$

Начала и концы обмоток электродвигателя при потерянных обозначенных выводах проще всего найти способом открытого треугольника. Эту работу выполняют в два этапа. При помощи контрольной лампы определяют принадлежность проводов, выходящих из электродвигателя к каждой из трех обмоток. Для этого к одному из зажимов сети присоединяют любой из шести выводов обмотки, а к другому зажиму - провод от лампы накаливания. Включают рубильник и вторым проводом, идущим от лампы, прикасаются поочередно к выводам статорной обмотки до тех пор, пока лампа не загорится. Это соответствует случаю, когда оба вывода идут от одной фазы двигателя. Выводы статорной обмотки нужно пометить, например, перевязав их. Затем операцию повторяют до завершения по парного распределения всех выводов. Далее обмотки электродвигателя соединяют в открытый треугольник. Параллельно каждой обмотке включают вольтметр. При подаче напряжения вольтметры покажут одинаковое напряжение, если обмотки электродвигателя включены согласно, т. е. начало - - конец - - начало - - конец - - начало - - конец. Если одна из обмоток оказалась включенной встречно, то вольтметр, подключенный к ее выводам, покажет наибольшее напряжение по сравнению с показаниями двух других. Руководствуясь показаниями вольтметров, можно сразу на выводы обмоток надеть соответствующие бирки с обозначениями начал и концов.





*Схема определения выводов обмотки электродвигателя*



*Соединение обмоток выводов обмоток электродвигателя в открытый треугольник*

Для проверки правильности выполненной маркировки обмотки двигателя соединяют треугольником и включают в сеть.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как устроен трехфазный электродвигатель?
2. Как включить трехфазный электродвигатель в сеть звездой?
3. Как включить трехфазный электродвигатель в сеть треугольником?
4. Как изменить направление вращения ротора трехфазного электродвигателя?
5. Как работает трехфазный электродвигатель?
6. Почему трехфазный электродвигатель называют асинхронным?
7. Почему трехфазный электродвигатель называют короткозамкнутым?

## 2.4 Лабораторная работа № 7,8 ( 4 часа).

**Тема:** «Автоматические водокачки»

### Список литературы

Воробьев В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства [текст]: учебник / В.А.Воробьев - М.; «Колос», 2005.-280 с.

*Цель работы.* Изучить устройство и схемы управления башенными и без башенными автоматическими водокачками.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Действующие модели башенной и без башенной автоматических водокачек со станциями управления.

### *Содержание работы.*

- 1.Изучить назначение и устройство деталей и сборочных единиц башенной автоматической водокачки...
- 2.Проверить работу модели башенной водокачки.
- 3.Изучить назначение и устройство деталей и сборочных единиц без башенной автоматической водокачки.
- 4.Проверить работу модели без башенной водокачки.
- 5.Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Принципиальная электрическая схема автоматической пашенной водокачки показана на рисунке 1. Основные сборочные единицы водокачки: электродвигатель М, автоматический выключатель QF, магнитный пускатель КМ, понижающий трансформатор TV, реле уровня КУ, включенное через выпрямительный мост VDL ... VD4, электродный датчик с контактами верхнего SL1 и нижнего SL2 уровней.

Для пуска водокачки переключатель SA1 ставят в положение «Р» -- ручное управление или положение «Л» — автоматическое. Затем включают автоматический выключатель QF. При этом ток проходит по цепи С - QF — FUI — SA1 — SA2 --FU2 - - ТУ --> N. Если в баке водокачки вода отсутствует (переключатель SA1 в положении «А»), то цепь электрического тока проходит через размыкающий контакт реле уровня К. V: 1 и катушку магнитного пускателя КМ, который срабатывает и замыкает свои контакты в цепи электродвигателя.



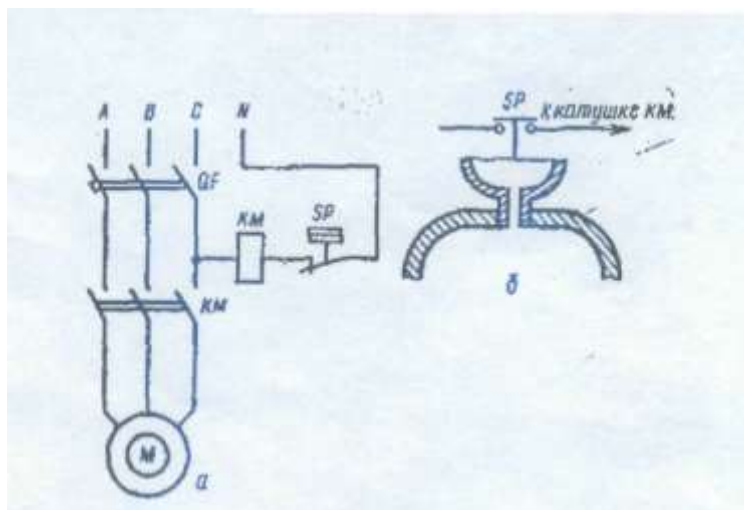


Рис. 2. Схема управления без башенной водокачкой (а) при помощи реле давления {б)

Для ее пуска включают автоматический выключатель QP. При отсутствии воды в котле контакт реле давления SP замкнут и ток проходит через катушку магнитного пускателя KM, который управляет работой электродвигателя M, вращающего водяной насос. Насосом вода нагнетается внутрь котла и воздух в нем сжимается. При достижении заданного давления внутри котла реле SP срабатывает и выключает магнитный пускатель KM, останавливая двигатель и насос. Под давлением сжатого воздуха вода из котла подается в водопроводную сеть. Когда давление воздуха в котле снизится до атмосферного, снова замыкается контакт реле SP и включается магнитный пускатель и насос.

В современных без башенных водокачках внутри котла устанавливают резиновую диафрагму, которая разделяет воду и воздух. Благодаря этому нет необходимости периодически сливать воду из котла.

Если по каким-либо причинам реле давления не отключит насос, когда давление превысит допустимое значение, срабатывает специальный предохранительный клапан, который открывает путь воде на слив.

Вследствие того что без башенные водокачки не требуют сооружения дорогостоящих водонапорных башен, стоимость подачи ими воды в 1,5...2 раза меньше по сравнению с башенными водокачками.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Как работает автоматическая башенная водокачка?

Как работает автоматическая без башенная водокачка?

Каково назначение котла в без башенной водокачке?

Как работает реле давления?

## **2.5 Лабораторная работа № 9 ( 2 часа).**

### **Тема: «Комплект вентиляционного оборудования (Климат-2)»**

#### *Список литературы:*

Алешкин В.Р., Рошин П.М. Механизация животноводства/Под ред. С.В. Мельникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с. Практикум по механизации животноводства для выполнения лабораторных работ по курсу «Механизация животноводческих ферм» 9сост.: Н. Шамсиев, В.Я. Спевак, А.К. Свириденко, В.А. Мухин). – Душанбе. – Изд. ТАУ. 1993

*Цель работы.* Ознакомиться с параметрами микроклимата и влиянием их на продуктивность животных. Освоить методику расчета и подбора оборудования.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Набор слесарного инструмента и приборов, плакаты, учебные пособия, инструкционно-технологическая карта.

#### *Содержание работы.*

1. Системы создания микроклимата.
2. Системы вентиляции и отопления.
3. Оборудование системы вентиляции и воздушного отопления.
4. Технологический расчет и выбор оборудования системы вентиляции и воздушного отопления.
5. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

#### *Методические указания к работе.* Системы создания микроклимата.

Развитие эффективного животноводства возможно только при условии создания и поддержания нормативного микроклимата в животноводческих помещениях.

*Микроклимат (внутренний климат) помещения* - климат ограниченного пространства, включающий совокупность следующих факторов среды: температуры, влажности, подвижности (скорости движения) и охлаждающей способности воздуха, освещенности, уровня шума, количества взвешенных в воздухе пылевых частиц и микроорганизмов, газового состава воздуха.

Содержание животных в условиях, отвечающих зоогигиеническим и ветеринарно-санитарным требованиям, с учетом их биологических особенностей, в зависимости от вида, возраста, физиологического состояния и производственного назначения, так же как и полноценное нормированное кормление, является основой повышения их продуктивности, снижения заболеваемости и падежа. Отклонение параметров микроклимата в животноводческих помещениях от установленных пределов приводит к снижению удоев на 10 – 12 %, уменьшению прироста живой массы на 20 – 22 %, увеличению отхода молодняка до 15 – 19 %, снижению продуктивности

птицы на 30 - 32 %, сокращению срока службы животных на 15 - 18 %, увеличению затрат кормов и труда на единицу продукции, уменьшению втрое продолжительности эксплуатации животноводческих зданий и возрастанию затрат на ремонт технологического оборудования.

Системы создания микроклимата подразделяются: по типу использования - круглогодичные, в летний период и в отопительный период; по степени воздействия на параметры микроклимата - однофакторные и многофакторные.

Широко распространенными средствами создания микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях являются различные типы отопительно-вентиляционных систем (ОВС). Классификация ОВС представлена на рис. 1.

### **Системы вентиляции и воздушного отопления**

*Вентиляцией* называют совокупность мероприятий и устройств, обеспечивающих расчетный воздухообмен в помещениях жилых, общественных и производственных зданий.

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

По назначению системы вентиляции подразделяют на приточные и вытяжные, обеспечивающие общеобменную или местную вентиляцию.

Системы вентиляции, подающие воздух в помещение, называют *приточными*, а удаляющие загрязненный воздух из помещения - *вытяжными*.

Вентиляцию называют *общеобменной*, если вентилируется все помещение или его рабочая зона. *Местная* вентиляция обеспечивает удаление воздуха непосредственно от оборудования - источника вредных выделений - или подачу воздуха в какую-либо определенную часть помещения.

По способу побуждения движения воздуха различают системы с *естественной* и *принудительной вентиляцией*. В первом случае воздух поступает в помещение и удаляется из него вследствие разности плотности воздуха внутри помещения и снаружи, а также под влиянием ветра. Естественную вентиляцию делят на бесканальную и канальную.

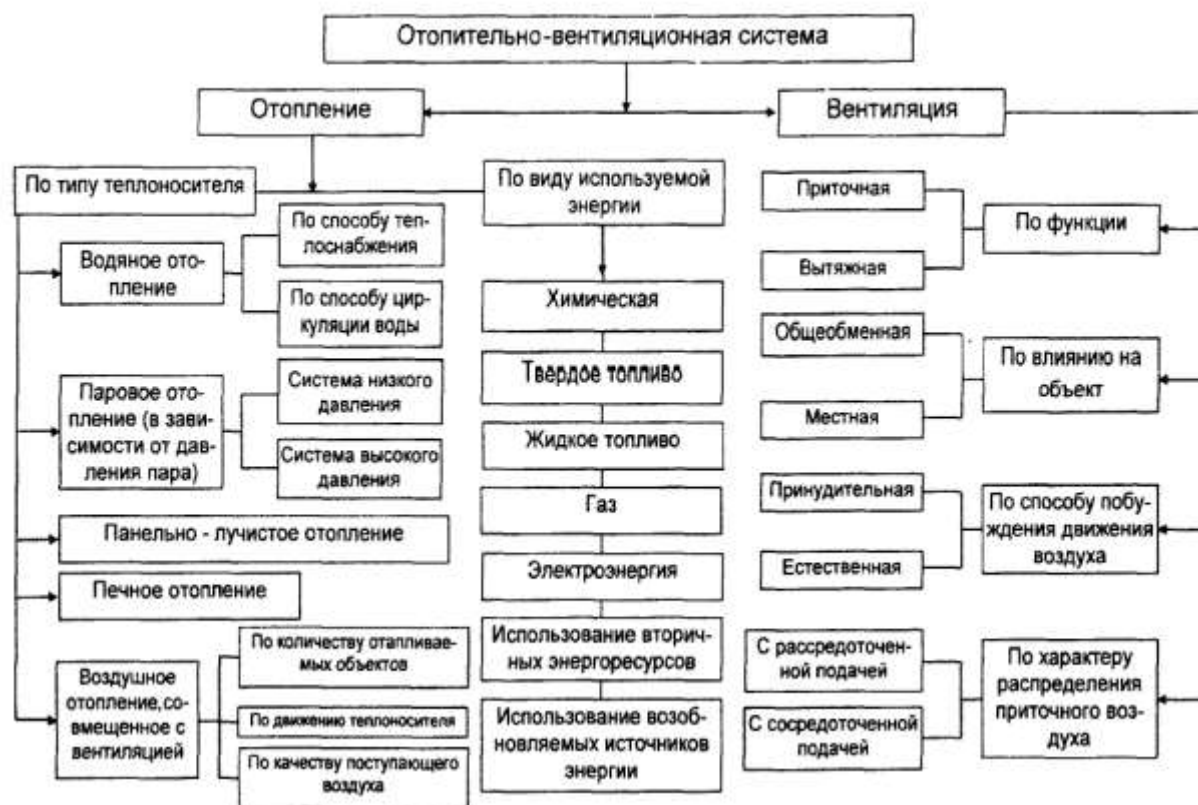


Рис. 1 Классификация отопительно-вентиляционных систем

Бесканальная вентиляция осуществляется через окна, фрамуги, форточки и стеновые проемы. Она наиболее проста, но мало регулируема. Более совершенна *канальная вентиляция*, при которой приток свежего и отвод загрязненного воздуха осуществляют через каналы, снабженные регулирующими заслонками.

Наиболее эффективна принудительная вентиляция (с механическим побуждением), в которой воздух приводится в движение при помощи вентиляторов, работающих в режиме нагнетания (приточные системы) или разрежения (вытяжные системы).

По характеру распределения приточного воздуха различают механические системы вентиляции с *рассредоточенной* и *сосредоточенной* подачей. В первом случае воздух подают в помещение с помощью воздуховодов, равномерно размещенных внутри помещения и снабженных отверстиями; во втором - воздух нагнетают в помещение в виде струй.

### **Вентиляция животноводческих и птицеводческих помещений**

Простейшей системой естественной вентиляции в животноводческом помещении является шахтная вентиляция (рис. 2). Такая система вентиляции может обеспечить гигиеничное состояние воздуха в помещении в зимнее время при температуре наружного воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

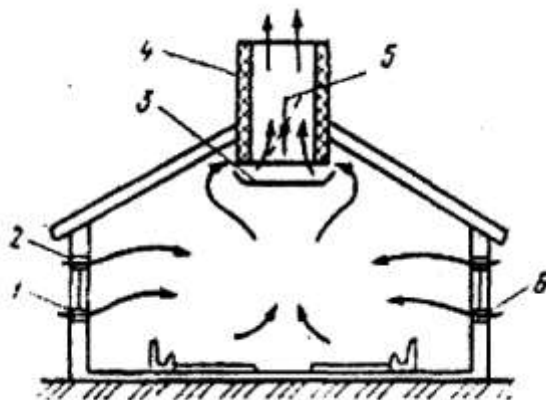


Рис. 2. Схема шахтной вентиляции помещения:

1 и 2 - подоконный и надоконный приточные проемы; 3 - поддон; 4 - утепленная шахта; 5 - дроссель-клапан; 6 - регулировочный направляющий клапан

В случае использования механических систем возможна как приточная, так и вытяжная вентиляция. При этом стремятся, чтобы воздух поступал равномерно в зону размещения животных. Наибольший интерес представляют системы, работающие круглый год или в теплый период.

На рисунке 3 приведены схемы летней вентиляции животноводческих помещений. В схемах, показанных на рисунках 3 а, г, использована вытяжная система, в схемах на рисунках 3 б, в - приточные системы. Расположение вентиляторов возможно как на крыше (рис. 3 в, г), так и в стенах (рис. 3 а, б).

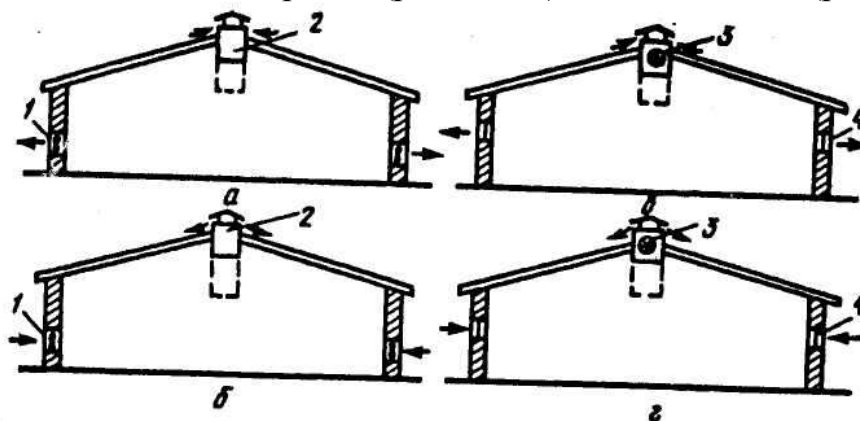


Рис. 3. Основные типы летней вентиляции животноводческих помещений: а - вытяжная с настенными вентиляторами; б - приточная с настенными вентиляторами; в - приточная с крышными вентиляторами; г - вытяжная с крышными вентиляторами;

1 - настенный вентилятор; 2 - шахта; 3 - крышный вентилятор; 4 - оконный проем

Схема приточной вентиляции с избыточным давлением и расположением вентиляторов на крыше показана на рисунке 4 для теплого (4 а) и холодного (4 б) периодов года. Из приведенных рисунков видно, что движение воздуха не охватывает все помещение. При этом возникают вихревые зоны.



В холодный период предусматривают включение отопительно-вентиляционных агрегатов, подачу теплого воздуха через приточные воздуховоды и вытяжку через шахты.

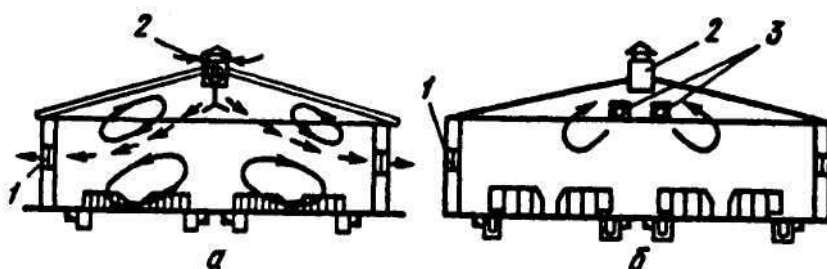


Рис. 4. Вентиляция животноводческих помещений по схеме с избыточным давлением и вентиляторами, расположенными на крыше: а - теплый период года; б - холодный период; 1 - оконные проемы; 2 - вытяжные шахты; 3 - приточный воздуховод

Картина течения воздушных потоков при вытяжной вентиляции с настенными вентиляторами приведена на рисунке 5.

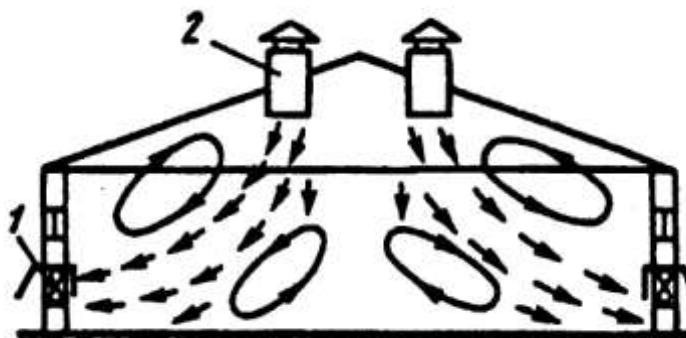


Рис. 5. Вытяжная вентиляция с настенными вентиляторами: 1 - настенные вентиляторы; 2 - приточные шахты.

СНиП 2.10-03 - 84 «Животноводческие, птицеводческие, звероводческие здания и помещения» предусматривает механическое удаление воздуха из подпольных навозосборников (не менее 30-50 % воздухообмена). Устройство этих систем вентиляции требует больших капитальных вложений и немалых трудозатрат при их эксплуатации (вытяжные устройства навозных каналов быстро загрязняются и выходят из строя). Эффективность этого способа вентиляции невысока.

Примером приточно-вытяжной системы отопления и вентиляции коровника при двухрядном стойловом содержании животных является схема, приведенная на рисунке 6. В помещение воздух подает отопительно-вентиляционный агрегат, состоящий из центробежного вентилятора и калорифера. Загрязненный воздух вытягивается через шахты, расположенные в шахматном порядке над стойлами животных. Приточный воздуховод располагают либо по оси здания под потолком (рис. 6 а), либо в виде двух параллельных воздуховодов равномерной подачи воздуха (рис. 6 б), расположенных под потолком или в опорных конструкциях перекрытия.

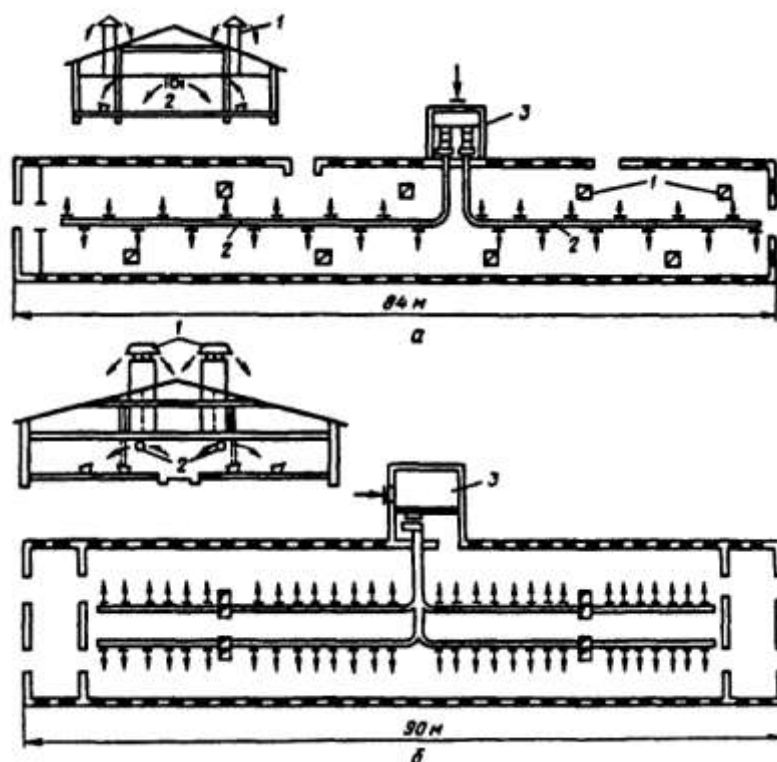


Рис. 6. Схема вентиляции коровника при ширине помещения: а - 12 м; б - 18 м; 1 - вытяжные шахты; 2 - приточные воздуховоды; 3 - вентиляционная камера

#### **Комплекты оборудования «Климат-2», «Климат-3»**

Комплекты «Климат-2», «Климат-3» предназначены для создания необходимых температурно-влажностных условий в животноводческих и птицеводческих помещениях с системами воздушного обогрева при помощи отопительно-вентиляционных агрегатов с водяными (паровыми) калориферами.

Комплекты оборудования «Климат-2», «Климат-3» могут иметь вентиляторы различных номеров. Принципиальная схема размещения оборудования, входящего в комплект «Климат-3», приведена на рисунке 7.

Электрокалориферная установка типа СФОЦ (рис. 8) состоит из установленных на общей раме (калорифера) радиального вентилятора 5 с электродвигателем 6 и патрубка 3 с мягкой вставкой 4. Калорифер представляет собой каркас с прямоугольной площадью сечения, внутри которого в три ряда расположены оребренные трубчатые нагреватели. Каждый ряд составляет электрическую секцию, в которой нагреватели соединены в звезду. Радиальный вентилятор соединяется с калорифером через патрубок и мягкую вставку. Патрубок выполнен в виде сварной металлической конструкции, выполняющей роль переходника с прямоугольной площади сечения на круглую. Мягкая вставка предотвращает калорифер от вибрации, возникающей при работе вентилятора. Вентилятор с электродвигателем устанавливают на виброизолирующих основаниях.

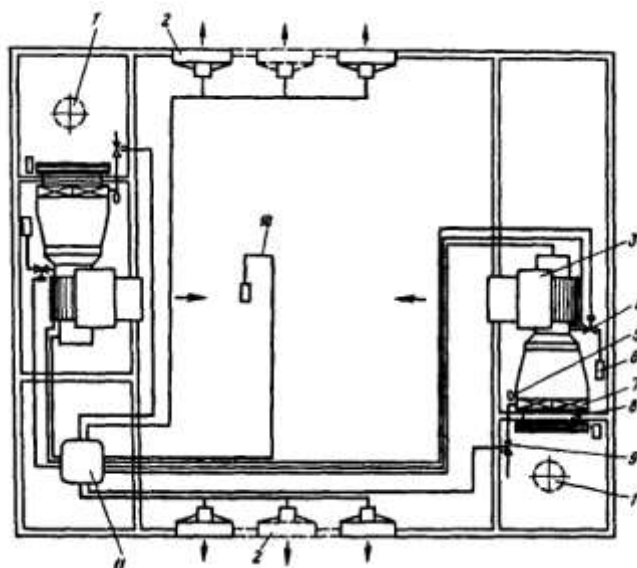


Рис. 7. Принципиальная схема размещения оборудования «Климат-3»: 1 - заборная шахта; 2 - вытяжной вентилятор типа ВО (осевой); 3 - приточная отопительно-вентиляционная и увлажнительная установка; 4 - клапан подачи воды; 5 - датчик защиты калориферов от размораживания; 6 - напорный бак; 7 - калорифер; 8 - воздушная заслонка; 9 - регулирующий клапан; 10 - панель датчиков; 11 - станция управления

При первоначальном включении электрокалорифера в сеть включается 100% мощности.

Установки типа СФОЦ подсоединяют к трехфазному линейному напряжению 380 В. Основные технические характеристики электрокалориферных установок типа СФОЦ даны в таблице 1

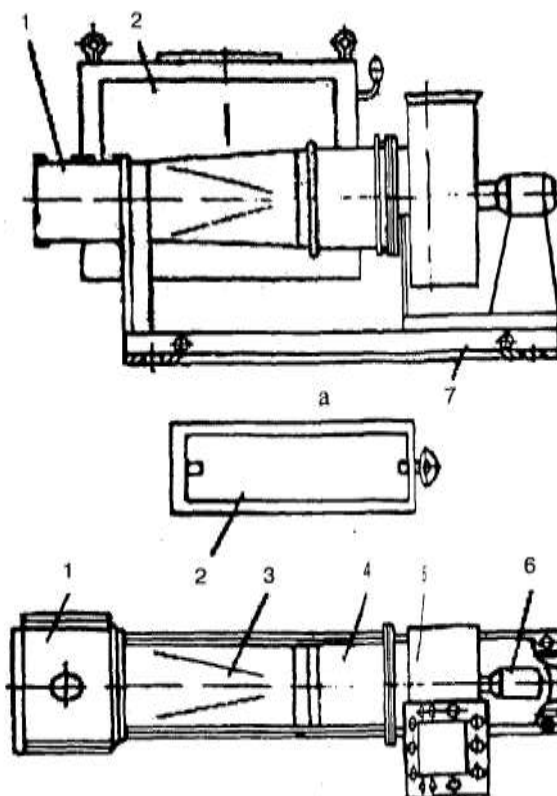


Рис. 8. Электрокалориферная установка типа СФОЦ:

а - вид сбоку; б - вид сверху; 1 - калорифер; 2 – шкаф управления;  
3 - патрубок; 4 - мягкая вставка; 5 - вентилятор радиальный; б - двигатель;  
7 – рама

Таблица 1. Характеристики электрокалориферных установок

Параметр	СФОЦ-25	СФОЦ-40	СФОЦ-60	СФОЦ-100
1	2	3	4	5
Установленная мощность, кВт	23,6	47,2	69,7	97,5
Подача воздуха, тыс. м <sup>3</sup> /ч, не менее	2,5	3,5	4,0	6,0
Перепад температур выходящего и входящего воздуха, °С	35	50	65	70
Температура входящего воздуха °С, не более	50	50	50	50
Аэродинамическое сопротивление по воздуху, Па, не более	150	200	250	250
Мощность секции, кВт	7,5	15	22,5	30
1	2	3	4	5
Габаритные размеры, мм: ширина длина высота	600 1350 930	900 1450 1120	900 1450 1160	1150 1605 1420

### Технологический расчет и выбор оборудования системы вентиляции и воздушного отопления

Таблица 2. Исходные данные

Вариант	1	2	3	4
Вид животных	Сухостойные коровы	Коровы с уровнем лактации 30 л.	Свиньи на откорме	Свиноматки
Количество животных	400	200	2000	300
Живая масса животных, кг	400	600	100	150
Габариты помещения, м Ширина	21	18	21	12

Длина	96	72	90	72
Высота				
по карнизу	3,6	4,7	3,3	3,0
по коньку	8,1	8,4	4,1	3,7

Определяем воздухообмен по углекислоте в холодный период года в м<sup>3</sup>/ч

$$L_{CO_2} = \frac{C \cdot m}{C_1 - C_2}$$

где  $C$  - количество углекислого газа, выделяемое одним животным, л/ч;

$m$  - количество животных в помещении, гол.;

$C_1$  - допустимое количество углекислого газа в воздухе помещения, л/м<sup>3</sup>; ( $C_1 = 2,5$  л/м<sup>3</sup>);

$C_2$  - содержание углекислого газа в приточном свежем воздухе, л/м<sup>3</sup>; ( $C_2 = 0,3...0,4$  л/м<sup>3</sup>);

$$L_{H_2O} = \frac{W \cdot m \cdot \beta}{W_1 - W_2}$$

$W$  - количество водяного пара, выделяемого одним животным в течение часа, г/ч; (табл. 3);

$\beta$  - коэффициент, учитывающий испарение влаги с пола, кормушек, автопоилок и т.д. (1,10...1,25);

$W_1$  - допустимое количество водяного пара в воздухе помещения, г/м<sup>3</sup> (абсолютная влажность)

Таблица 3. Количество тепла, углекислоты и водяных паров

Вид животных	Живая масса, кг	Количество тепла, кДж/ч	Количество углекислоты, л/ч	Выделение паров воды, г/ч
Стельные сухостойные коровы и нетели за 2 месяца до отела	300	2,3	90	232
	400	2,82	110	284
	600	3,46	138	329
Лактирующие коровы с уровнем лактации 30 л	300	3,85	143	401
	400	4,21	165	424
	600	4,83	189	487
Свиньи на откорме	200	1,42	57	145
Свиноматки с приплодом	150	1,95	78	198

$$W_1 = \frac{\omega \cdot W_{\max}}{100}$$

где  $\omega$  - нормативная относительная влажность воздуха в животноводческих помещениях, % (для условий Оренбургской области относительная влажность составляет 84%);

$W_{max}$  - максимальная влажность воздуха при заданной температуре, г/м<sup>3</sup> (см. таблицу 4)

$W_2$  - средняя абсолютная влажность приточного воздуха, г/м<sup>3</sup>, ( $W_2=3,2...3,3$  г/м<sup>3</sup>).

Таблица 4. Физические свойства влажного воздуха

Температура t, °С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$W_{max}$ , г/м <sup>3</sup>	Температура t, °С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	$W_{max}$ , г/м <sup>3</sup>
-20	1,396	1,1	6	1,265	7,2
-18	1,385	1,3	8	1,256	8,3
-16	1,374	1,5	10	1,248	9,4
-14	1,363	1,7	12	1,239	10,6
-12	1,353	2,0	14	1,230	12,0
-10	1,342	2,3	16	1,222	13,6
-8	1,332	2,7	18	1,213	15,3
-6	1,322	3,1	20	1,205	17,2
-4	1,312	3,6	22	1,201	19,3
-2	1,308	4,2	24	1,197	21,6
0	1,293	4,9	26	1,189	24,2
2	1,284	5,6	28	1,173	27,0
4	1,275	6,4	30	1,165	30,1

Из полученных по формулам результатов для дальнейших расчетов выбирают максимальную величину воздухообмен ( $L_{max}$ ).

Далее определяем кратность часового воздухообмена, который показывает, сколько раз в течение часа меняется воздух в помещении

$$K = \frac{L_{max}}{V}$$

где  $V$  – полезный объем помещения, м<sup>3</sup>.

$$V = b * l * h$$

Кратность часового воздухообмена для молодняка раннего возраста и маточного поголовья допускается не больше 3 раз в час, для остальных животных - не более 5.

При кратности воздухообмена  $K < 3$  выбирают естественную вентиляцию, при  $K = 3...5$  - принудительную вентиляцию без подогрева подаваемого воздуха и при  $K > 5$  - принудительную вентиляцию с подогревом подаваемого воздуха.

При естественной вентиляции воздухообмен происходит вследствие разности температур внутри и снаружи помещения. Воздух в помещении перемещается по каналу снизу вверх.

Сечение вытяжных приточных каналов в м<sup>2</sup> определяют по формуле

$$F_1 = \frac{L_{\max}}{3600 \cdot g}$$

$v$  - скорость воздушного потока в канале, м/с.

$$g = \sqrt{\frac{h \cdot (t_1 - t_2)}{273}}$$

где  $h$  - высота вытяжных шахт, принимается равной на 0,6...0,7 выше конька здания;

$t_1 - t_2$  - разность температур внутреннего и наружного воздуха, град.

При скорости воздушного потока менее 0,2 м/с увеличивают высоту вытяжных шахт, более 1,2 м/с проводят утепление здания для снижения разности температур наружного и внутреннего воздуха.

Количество вытяжных каналов определяют из выражения

$$m_{\text{вк}} = \frac{F_1}{f_1}$$

где  $f_1$  - площадь поперечного сечения одного канала, м<sup>2</sup>

Площадь сечения вытяжных каналов  $f_1$  принимается 0,25; 0,36; 0,5; 1 м<sup>2</sup> и более, приточных  $f_2$  0,04 и 0,06 м<sup>2</sup>.

Общую площадь приточных каналов  $F_2$  принимают равной (0,5...0,7) $F_1$ , а количество приточных каналов соответственно

$$m_{\text{пк}} = \frac{F_2}{f_2}$$

Для удовлетворительной работы важное значение имеет гидро и теплоизоляция вытяжных каналов. Чтобы избежать задувания вытягиваемого воздуха ветром, вытяжные каналы устанавливают вертикально над крышей и снабжают дефлектором.

Достоинством системы вентиляции с естественным побудителем является простота, дешевизна устройства и эксплуатации. Недостатком – зависимость от температурных условий. При равенстве температуры воздуха внутри и снаружи помещения воздухообмен совершенно прекращается.

### **Расчет вентиляционной системы с механическим побудителем.**

Вентиляционные системы разрабатываются для конкретного здания в соответствии со следующими требованиями:

1. Воздуховоды должны быть по возможности короче, иметь минимальное количество мест, вызывающих местные сопротивления и располагаться так, чтобы не мешать нормальному течению производственных процессов.

2. Вытяжные каналы должны устанавливаться в местах, где выделяются или скапливаются вредные примеси.

3. Отверстия для выброса воздуха должны быть расположены как можно выше воздухоприемника.

4. Вентиляционная система должна быть устроена так, чтобы движение воздуха в помещении было ламинарным, при этом свежий воздух постоянно вытесняет загрязненный.

При принудительной вентиляционной системе поступление свежего воздуха обеспечивается приточными вентиляционными установками. Применяют вентиляторы низкого давления (до 980 Па) и среднего (2940 Па).

Расчет принудительной вентиляционной системы ведется из тех условий, что она должна работать периодически, поэтому подача системы должна быть в 2-3 раза больше расчетной величины воздухообмена, т.е.

$$L_{B.C.} = (2...3) L_{max},$$

Требуемый вентилятор подбирают по величине воздухообмена  $L_{B.C.}$  и требуемому напору, необходимому для преодоления сопротивления движению воздуха в канале вентиляционной системы.

Объемную подачу вентилятора в  $\text{м}^3/\text{ч}$  определяют по формуле

$$Q_B = \frac{L_{B.C.}}{m_{\text{вк}}}$$

где  $m_{\text{вк}}$  — число вытяжных каналов.

При подаче  $Q_B < 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$  выбирают схему с одним вентилятором, при  $Q_B > 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$  — с несколькими, при этом объемная подача одного вентилятора не должна быть более  $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Диаметр воздухообмена в м определяется по формуле

где  $Q_B$  — подача вентилятора,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$$d = \frac{1}{30} \sqrt{\frac{Q_B}{\pi \cdot v}},$$

$v$  — скорость воздуха в воздуховоде, которая принимается равной 12... 15 м/с.

Необходимый напор вентилятора в Па определяют как сумму потерь давления от трения воздуха о воздуховод на прямолинейных участках ( $H_{\text{пр}}$ ) и местах сопротивлений ( $h_M$ ).

$$H = H_{\text{пр}} + h_M = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \left( \lambda \frac{L}{2d} + \sum \xi \right)$$

где  $H$  - полный напор вентилятора, Па;

$\rho$  - плотность воздуха, ( $\rho=1,2...1,3 \text{ кг/м}^3$ );

$v$  - скорость воздуха в воздуховоде, ( $v = 10...15 \text{ м/с}$ );

$d$  - диаметр воздуховода, ( $d = 0,3...0,4 \text{ м}$ );

$\lambda$ - коэффициент сопротивления движению воздуха в трубе, ( $\lambda = 0,02...0,03$ );

$L$  - длина трубопровода на прямолинейном участке, м;

$\xi$ ; - сумма коэффициентов местных сопротивлений ( $\xi = 1,1 ... 8,0$ ).



По полученным величинам  $Q_B$ ,  $H$  и скорости воздуха по номограмме (приложение 1) определяют номер вентилятора (№), а затем на пересечении с  $H$  находят коэффициент полезного действия вентилятора  $\eta$  и безразмерный параметр  $A$ . После чего находят частоту вращения вентилятора

$$n = \frac{A}{N}$$

Расчетная мощность электродвигателя в Вт для привода вентилятора определяют по формуле

$$N_{\text{дв}} = \frac{9,81 \cdot Q_B \cdot H}{3600 \cdot \eta_B \eta_{\text{пер}}}$$

где  $Q_B$  - одача выбранного вентилятора, м<sup>3</sup>/ч;

$H$  - полный напор выбранного, Па;

$\eta_B$  - КПД вентилятора (для центробежных вентиляторов  $\eta_B = 0,4...0,6$ , для осевых  $\eta_B = 0,2...0,3$ );

$\eta_{\text{пер}}$  - КПД передачи, (для ременных передач  $\eta_{\text{пер}} = 0.95$ ).

Полученную расчетную мощность двигателя увеличивают при  $N < 1,5$  на 50%, при  $N = 2$  кВт на 25%, при  $N = 4...7$  кВт на 20% и при  $N > 7,5$  кВт на 10%.

### Расчет отопительной системы помещения

При кратности воздухообмена  $K > 5$  приточный воздух подогревают.

Определяют дефицит теплового потока в Дж/ч (ккал/ч) для определения животноводческого помещения

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{\text{жс}},$$

где  $Q_1$  - поток теплоты, теряемый наружу сквозь ограждающие строительные конструкции, Дж/ч (ккал/ч);

$Q_2$  - поток теплоты, теряемый с удаляемым воздухом при вентиляции, Дж/ч (ккал/ч);

$Q_3$  - случайные потери потока тепла, Дж/ч (ккал/ч);

$Q_{\text{жс}}$  - поток теплоты, выделяемый животными или птицей, Дж/ч (ккал/ч).

$$Q_1 = \sum k \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})$$

где  $k$  - суммарный коэффициент теплопередачи ограждающих строительных конструкций, Дж/м<sup>2</sup> \* ч \* °С (ккал/м<sup>2</sup> \* ч \* °С) (табл. 5);

$F$  - площадь поверхностей, теряющих поток теплоты (потолок и стены), м<sup>2</sup>;

$t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  - температура воздуха соответственно в помещении и снаружи, °С.

Таблица 5. Коэффициент теплоотдачи для стен и потолка

ВИДЫ СТЕН	Толщина стен, см
-----------	------------------

	30	60
	k, кДж/м <sup>2</sup> ·ч <sup>0</sup> С	
Уплотненный неоштукатуренный бетон	9,2	5,9
Уплотненный оштукатуренный бетон	8,4	4,6
Неоштукатуренный железобетон	10,1	5,9
Кирпич, оштукатуренный с одной стороны	6,7	4,1
Кирпич, оштукатуренный с двух сторон	6,7	4,0
Оштукатуренный камень	9,7	6,7

$$Q_2 = c \cdot L_{\max} \cdot (t_g - t_n)$$

где  $c$  - удельная теплоемкость воздуха, Дж/м<sup>3</sup>;

$L_{\max}$  - значение воздухообмена, м<sup>3</sup>/ч;

Поток теплоты в Дж/ч (ккал/ч), выделяемый животными или птицей

$$Q_{\text{ж}} = \sum q \cdot m$$

где  $q$  - поток теплоты, выделяемый одним животным данного вида, Дж/ч (таблица 3)

$m$  - количество животных данного вида в помещении.

Случайные потери потока тепла в Дж/ч, принимаются в количестве 10...15% от  $Q_{\text{ж}}$ , т. е.

$$Q_3 = (0,10 \dots 0,15) \cdot Q_{\text{ж}}$$

После этого подбирают нагревательные установки по площади поверхности нагрева (электрокалориферы или теплокалориферы) и приводят их техническую характеристику.

Площадь поверхностей нагревательных установок

$$F = \frac{Q}{q_1}$$

где  $q_1$  - съем теплового потока с единицы поверхности нагревательного устройства, Вт/м<sup>2</sup>

$$q_1 = k' \cdot \left( \frac{t_1 - t_2}{2} - t_g \right)$$

где  $k' = 46,2 \dots 113,4$  кДж/м<sup>2</sup> \* ч \* °С - коэффициент теплоотдачи от калорифера к воздуху;

$t_1$  - температура теплоносителя при входе в теплокалорифер, (°С);

$t_2$  - температура теплоносителя на выходе из теплокалорифера (°С);

$t_g$  - температура воздуха в помещении, °С.

### **Содержание отчета**

1. Начертить и описать одну из существующих схем вентиляции животноводческих помещений.
2. Начертить и описать одну схему центрального или местного воздушного отопления.
3. Выполнить расчет вентиляции и отопления животноводческого помещения по заданному варианту.

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение микроклимата и его основных параметров.
2. Перечислите схемы вентиляции для различных животноводческих помещений.
3. Перечислите схемы центрального и местного отопления. В чем их преимущества и недостатки?
4. Какими техническими средствами осуществляется вентиляция и воздушное отопление?
5. Что такое воздухообмен в животноводческом помещении и как он рассчитывается?
6. Что такое тепловой баланс животноводческого помещения и как он рассчитывается?

### **2.6 Лабораторная работа № 10,11 ( 4 часа).**

#### **Тема: «Линии и проводки»**

#### Список литературы

Воробьев В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства [текст]: учебник / В.А.Воробьев - М.; «Колос», 2005.-280 с.

*Цель работы.* Ознакомиться с линиями электропередачи, внутренними проводками, марками проводов, применяемыми в сельскохозяйственном производстве. Освоить принципы расчета проводов.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Действующая модель линии электропередачи напряжением 380/220 В; стенд с примерами выполнения проводок: открытой, скрытой, кабелем и в трубах, тросовой; отрезки проводов различных марок.

#### *Содержание работы.*

1. Ознакомиться с устройством линии электропередачи и видами электрических проводок.
2. Ознакомиться с марками проводов и кабелей.
3. Рассчитать электрические провода по нагреву.
4. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Электрическая энергия передается и распределяется по воздушным линиям напряжением 6, 10, 35 и 110 кВ.

Алюминиевые, сталеалюминиевые и стальные провода воздушных линии подвешивают при помощи изоляторов на деревянных и железобетонных опорах. На территории животноводческих ферм и комплексов применяют воздушные и кабельные линии, передающие трехфазный переменный ток напряжением 380/220 В. По условиям механической прочности для воздушных линий можно применять голые провода площадью поперечного сечения не менее: алюминиевые— 16 мм<sup>2</sup>, сталеалюминиевые—10, стальные многопроволочные 25, стальные однопроволочные - - 4 мм<sup>2</sup>.

Для распределения электрической энергии в зданиях служат внутренние проводки различных видов (провода, шнуры, кабели), а также относящиеся к ним монтажные изделия, поддерживающие и защитные конструкции. Вид проводок определяют характером, средой, категорией помещений, маркой применяемых монтажных материалов.

Применяют следующие виды проводок:

открытую, проложенную незащищенными изолированными и голыми проводами

по наружным поверхностям стен, потолков, по балкам и фермам на недоступной высоте;

открытую, проложенную защищенными изолированными проводами, а также тросовую;

скрытую (под штукатуркой), выполненную изолированными проводами в изоляционных трубах (резиновых, винилитовых, стеклянных, эбонитовых и др.);

открытую и скрытую . (часть в полу), смонтированные изолированными проводами в стальных трубах;

открытую и скрытую, выполненные кабелем.

Открытую проводку выполняют на роликах, изоляторах, на тросах или непосредственно по конструкциям зданий.

В производственных помещениях открытые, не защищенные от механических повреждений изолированные провода прокладывают или подвешивают на высоте не менее 2,5 м от пола. Провода, проложенные на меньшей высоте, защищают от механических повреждений трубами или другими устройствами. Вертикальные спуски к щиткам, выключателям, розеткам защищают на высоте не менее 1,5 м.

В помещениях без повышенной опасности (бытовые помещения предприятий, жилые помещения и др.) провода прокладывают на высоте 2 м от пола.

Вертикальные спуски к выключателям, штепсельным розеткам и щиткам можно не защищать.

Проходы незащищенных изолированных проводок через стены выполняют в неразрезанных трубах, оконцованных в сухих помещениях

втулками, а в сырых -воронками. В стене или в перегородке между "сухими" помещениями все провода прокладывают в изолированной трубе, в остальных случаях - - каждый провод в отдельной трубе. Проходы через сгораемые стены и перекрытия выполняют в отрезках стальных труб.

При прокладке проводов между помещениями с разной температурой, влажностью или условиями окружающей среды, воронки заливают изолирующим компаундом, например битумной массой.

По деревянным основаниям жилых и производственных построек прокладывают провод АППР в резиновой изоляции, не воспламеняющейся при горении. Изолированные провода АПВ, АППВ, АПН, АПРВ, поддающиеся горению, прокладывают по сгораемым основаниям только по слою листового асбеста толщиной не менее 3 мм, выступающего с каждой стороны провода не менее чем на 5 мм. Провод АППВ прокладывают на роликах по деревянным основаниям, а провода АППВ, АПН, АПР, АПВ, АПРВ —на клипах. Тросовую проводку применяют в животноводческих, птицеводческих и других сельскохозяйственных производственных помещениях. При монтаже этой проводки выполняют меньше трудоемких дыропробивных и подготовительных работ за счет подготовки ее в мастерской независимо от готовности строительных работ на объекте.

Тросовые проводки выполняют специальными проводами. АВТС, АВТ, АРТ, а также обычными проводами и кабелями и прикрепляемыми к предварительно натянутому тросу. По способу подвеса проводки подразделяют:

с непосредственным креплением проводов АПВ, АПРВ и кабелей АВРГ, АНРГ, АВВГ, АПВГ к несущему тросу; с креплением проводов АПР на пластмассовых подвесках, на изоляторах или роликах, либо на стальных подвесках.

Скрытую проводку прокладывают по стенам по горизонтали и по вертикали, а по потолкам по кратчайшим расстояниям между ответвительными коробками и светильниками.

При пересечении горячих трубопроводов провода должны проходить на расстоянии 100 мм, при параллельной прокладке —на расстоянии 250 мм. Провода, пересекающиеся между собой, обматывают 3... 4 слоями изоляционной ленты. Провода АППВС, АПН, АПВ прокладывают следующими способами: по несгораемым стенам или перегородкам, непосредственно или в трубах в заштукатуренных бороздах, под слоем мокрой штукатурки или в слое алебастрового намета; в зазорах кирпичной кладки; по деревянным (сгораемым) основаниям - под слоем штукатурки с подкладкой под провода слоя листового асбеста толщиной не менее 3 мм или по намету штукатурки толщиной не менее 5 мм. Асбест или намет укладывают с каждой стороны провода с выпуском не менее 5 мм, а также поверх дранки или без нее.

Провода крепят только мягкими (пластмасса, резина) скобами или примораживают алебастром; по несгораемым перекрытиям - в пустотах железобетонных плит; в зазорах между плитами с заделкой алебастровым

раствором, под слоем мокрой штукатурки. Проложенные провода выводят на поверхность стен для присоединения к установочному оборудованию через изоляционные трубки, воронки или втулки.

Провода соединяют в коробках, изготовленных из изоляционного материала или металла с изоляционными прокладками. Из сырых помещений проводку по возможности выносят, а светильники устанавливают на ближайшей к проводке стене. Выключатели и розетки устанавливают вне сырых помещений. Проводку в трубах применяют для подключения технологического оборудования в кормоцехах, в электрощитовых и других производственных помещениях, где требуется защита проводов от механических повреждений и от разрушения агрессивными средами. Для проводок применяют трубы: стальные (тонкостенные и обычные водогазопроводные), винипластовые, полиэтиленовые и пропиленовые. К внутренним проводкам предъявляют следующие требования: „, они должны быть безопасными как в пожарном отношении, так и для жизни людей и животных; обеспечивать надежную передачу электроэнергии от источника до потребителя; не влиять на качество электроэнергии, т. е. на значение напряжения; выполняться с учетом минимальных материальных затрат.

Для внутренних проводок изготовляют незащищенные (изоляция не предохранена специальными оболочками от механических повреждений) и защищенные провода, имеющие одну или несколько изолированных жил, находящихся в общей оболочке. Провода выпускают на номинальные напряжения 380, 500 и 660 В.

Провода с резиновой изоляцией имеют оплетку из волокнистых материалов, у АПР и АПРТО оплетка пропитана противогнильным составом. Некоторые марки проводов имеют оболочку из пластмассы или металла.

Марки проводов расшифровывают следующим образом: А - - алюминиевая жила (если этой буквы нет, то провод имеет медную жилу); П - - провод (если буква П в марке повторяется, то это указывает на плоскую конструкцию провода); Р и В резиновая или поливинилхлоридная изоляция токоведущей жилы; С или Т - - провод предназначен для скрытой прокладки или прокладки в стальных трубах; О наличие оплетки, пропитанной противогнильным составом; Н —наличие изоляции из негорючей нейритовой резины.

Марки наиболее распространенных в сельском хозяйстве кабелей (АВРГ, АНРГ и др.) расшифровывают, как и марки проводов, с той лишь разницей, что буква Г, стоящая на последнем месте, означает «голый», т. е. кабель, не имеющий поверх оболочки никакого защитного покрова и брони. Буква П, входящая в марку специальных кабелей (АВП), означает, что они имеют полиэтиленовую оболочку.

В сельском хозяйстве применяют провода и кабели с алюминиевыми жилами (одно- и многопроволочными). Исключение составляет кабель с медными жилами марки ВВВ (с поливинилхлоридной изоляцией,

бронированный, с поливинилхлоридной оболочкой), применяемый во взрывоопасных помещениях.

Для эксплуатации в сельскохозяйственном производстве используют провода: с резиновой изоляцией АПР, АППР, АПРВ, АПРТО, АРТ, АПН; с поливинилхлоридной АПВ, АППВ, АППВС, АВТ и АВТС; кабели: с резиновой (найритовой) изоляцией и резиновой оболочкой АНРГ (НРГ); с поливинилхлоридной изоляцией и резиновой' оболочкой АВРГ (ВРД; с поливинилхлоридной оболочкой АВП; с поливинилхлоридной изоляцией и поливинилхлоридной оболочкой, бронированные АВБВ и ВБВ. Провода ДПБ и АПРВ изготавливают только одножильными; провода и кабели АПН, АВРГ, АНРГ одно-, двух- и трехжильными; провода АППВ и АППВС двух- и трехжильными; и кабели АППР, АРТ, АВБВ четырехжильными; кабели АВВ, АВП пяти шести и семижильными; провода АПРТО—14-жильными.

Провода и кабели, применяемые в сельском хозяйстве, имеют площадь поперечного сечения от 2,5 до 50 мм<sup>2</sup>, с большей площадью сечения используют реже. Для расчета проводки по нагреву нужны данные о нагрузке, т. е. о передаваемой по ней мощности или о протекающем по ней токе. Передаваемая мощность зависит от числа и мощности установленных электроприемников.

Присоединенная мощность осветительных установок (Вт) представляет собой сумму номинальных мощностей всех присоединенных ламп

$$P=n_1P_1+n_2P_2+\dots+n_nP_n,$$

где  $n_1, n_2, n_n$  - число ламп одинаковой мощности;  $P_1, P_2, \dots, P_n$  - мощности ламп, Вт.

Рабочий ток электродвигателя  $I_p$  определяют с учетом коэффициента загрузки  $k_z$  рабочей машины, номинального тока  $I_n$  и КПД  $\eta$  электродвигателя (берут из справочных таблиц)

Для магистрали, питающей несколько электродвигателей, рабочий ток определяют по формуле:

где  $k_c$ -коэффициент спроса (берут из справочных таблиц);  $I_{p1}, I_{p2}, \dots, I_{pn}$  —рабочие токи отдельных электродвигателей, А. По рабочему току выбирают площадь поперечного сечения провода В процессе эксплуатации возможны короткие замыкания, что ведет к непредвиденному увеличению тока в проводах, их нагреву и выходу из строя. Чтобы этого избежать, предусматривают защиту проводов плавкими предохранителями. Плавкая вставка предохранителя защищает установку

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода и кабели

*Примечание.* При определении числа проводов, проложенных в проложенных одной трубе, нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехф. тока в расчет не принимают.

где  $\alpha$  — коэффициент спроса;  $I$ , — рабочий ток электродвигателя, А;  $I_{\text{пуск}}$  — наибольший пусковой ток одного из двигателей, А.

Площадь сечения ( $\text{мм}^2$ ) наружной трехфазной линии электропередачи рассчитывают по потере напряжения

где  $\rho$  — удельное сопротивление провода, Ом-м;  $P$  — мощность нагрузки, Вт;  $l$  — длина проводки, м;  $\Delta U$  — потеря напряжения (задана), %;  $U$  — номинальное напряжение, В.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие изоляционные материалы используют в проводах?
2. Какие требования предъявляют к внутренним проводкам?
3. Как выбирают площадь поперечного сечения проводов по нагреву?
4. Как выбирают площадь сечения проводов по потере напряжения?
5. Как устроена тросовая проводка?
6. Как устроена скрытая проводка?
7. Как устроена открытая проводка, выполненная плоскими проводами?
8. Как защищают внутренние проводки от коротких замыканий?

### 2.7 Лабораторная работа № 12 ( 2 часа).

**Тема:** «Автоматическая система промывки доильного агрегата АДМ-8А.»

#### *Список литературы:*

- 1.Алешкин В.Р., Рощин П.М. Механизация животноводства/Под ред. С.В. Мельникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
- 2.Практикум по механизации животноводства для выполнения лабораторных работ по курсу «Механизация животноводческих ферм» 9сост.: Н. Шамсиев, В.Я. Спевак, А.К. Свириденко, В.А. Мухин). – Душанбе. – Изд. ТАУ. 1993

*Цель работы.* Изучение конструкции и работы системы промывки доильного агрегата АДМ-8А, частичная разборка-сборка, регулировки, подготовка системы промывки к работе, выполнение операций технического обслуживания и оценка их технического состояния.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Система промывки доильного агрегата АДМ-8А, набор слесарного инструмента и приборов, плакаты, учебные пособия, инструкционно-технологическая карта.

#### *Содержание работы.*

- 1.Изучить устройство и работу системы промывки доильного агрегата АДМ-8А и их основных сборочных единиц.



2.Провести частичную разборку-сборку системы промывки доильного агрегата АДМ-8А и подготовить ее к работе.

3.Включить в работу устройство и автомат промывки доильного агрегата АДМ-8А, выполнить операции технического обслуживания и дать оценку техническому состоянию.

4.Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Система промывки включает устройство и автомат промывки.

Устройство промывки (Рис. 1) предназначено для обеспечения промывки доильных аппаратов моющим раствором. Тип устройства промывки – вакуумный, циркуляционный.

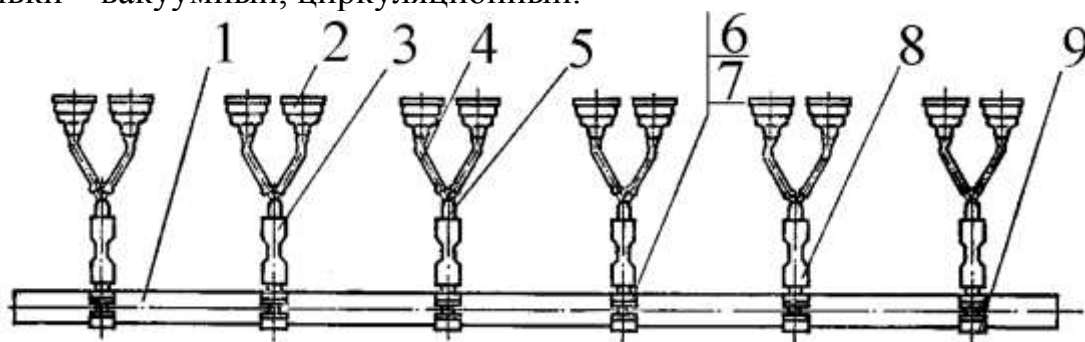


Рисунок 1 - Устройство промывки АДМ.20.000:

*1 – труба; 2 – чашка; 3,4 – трубки; 5 – распределитель; 6 – фланец; 7 – прокладка; 8 – винт; 9 – скоба.*

Автомат промывки (Рис. 2) предназначен для автоматического управления циклом промывки. Автомат промывки состоит из шкафа управления 4, вентиля холодной и горячей воды 5, крана 3 для переключения системы на циркуляционную промывку или сброс жидкости в канализацию, ванны 7 с поплавковым устройством, двух дозирующих устройств 1 и переходника 2 для подсоединения молочного шланга при промывке охладителя.

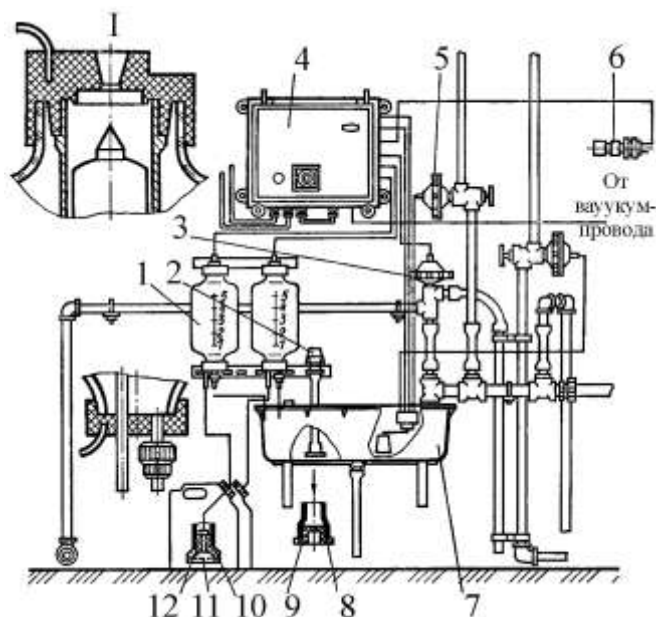


Рисунок 2 - Автомат промывки АДМ.25.000:

*1 – дозирующее устройство; 2 – переходник; 3 – кран; 4 – шкаф управления; 5 – вентиль; 6, 9 – пробка; 7 – ванна; 8 – шланг; 10 – штуцер; 11 – фильтр; 12 – винт.*

В шкаф управления (Рис. 3) входят командный прибор, предохранитель, клеммники и магнитный пускатель. В шкафу управления расположены шесть электромагнитных вентилях. На крышке шкафа расположен переключатель программы 7 и кнопка 6 со световой сигнализацией. Валик командного прибора имеет 10 программных дисков, обеспечивающих через микропереключатели и магнитные вентили управление исполнительными механизмами автомата промывки. За 60 мин валик командного прибора делает один оборот. Регулирование программы промывки выполняется программными дисками. Шкаф управления обеспечивает промывку доильной установки по двум программам. Первая программа – промывка перед и после доения. Вторая программа, кроме промывки после доения, предусматривает кислотную очистку оборудования от молочного камня. Первую или вторую программы устанавливают с помощью переключателя программ 7 (рис. 45).

Управление вентилями горячей и холодной воды – автоматическое. Предусмотрено и ручное управление.

Переключение системы на циркуляционную промывку или сброс жидкости в канализацию автоматизировано.

Поплавковое устройство ванны обеспечивает подачу необходимого количества воды для промывки. В зависимости от уровня воды в ванне запорное устройство поплавка открывает доступ воздуха к пневмоприводам вентилях или соединяет их с вакуумной системой.

В дозирующее устройство 1 (Рис. 2) через фильтр 11 и штуцер 10 с регулирующим винтом 12 засасывается моющий концентрат. Винтом 12 регулируют количество засасываемого концентрата в объеме 2,5 л (для циркуляционной промывки после доения). В верхней крышке устройства расположен предохранительный клапан, а в нижней – обратный клапан. Дозирующие устройства к магнитным вентилям шкафа управления подсоединяются при помощи поливинилхлоридных шлангов. В момент образования вакуума концентрат промывки засасывается в дозирующее устройство. После автоматического переключения магнитного вентиля атмосферный воздух заходит в дозирующее устройство и промывочный концентрат поступает в ванну.

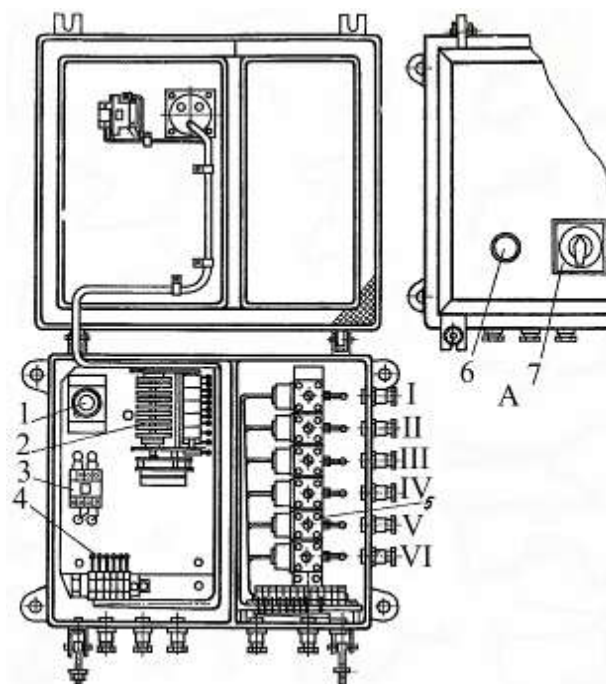


Рисунок 3 - Шкаф управления:

*1 – предохранитель; 2 – командный прибор; 3 – магнитный пускатель; 4 – клеммник; 5 – магнитный вентиль; 6 – кнопка со световой сигнализацией; 7 – переключатель программы. А – вид на крышку; I – холодная вода; II – горячая вода; III – губка; IV – циркуляционный кран; V – кислотное моющее средство; VI – щелочное моющее средство*

*Технологический процесс* Автомат промывки обеспечивает выполнение следующих операций: прополаскивание водой аппаратов, молочных линий и доильного оборудования и слив воды в канализацию; заполнение ванны моющим и дезинфицирующим растворами, циркуляционную промывку; прополаскивание чистой водой; откачивание остатков воды из молокосборника; выключение вакуумных и молочных насосов.

*Техническое обслуживание.* Щелочная очистка и дезинфекция длится 15 мин, прополаскивание – 5 мин. При использовании комбинированного средства для очистки и дезинфекции циркуляция раствора должна продолжаться 20 мин.

Для подготовки агрегата к промывке после доения савтоматом промывки закрывают вакуумный кран воздухоразделителя. Переключатель, разделители и главные вакуумрегуляторы переводят в положение «Промывка». Укладывают губку в место ее пуска и открывают вакуумный кран. После этого освобождают молокопроводы с помощью губки от остатков молока, вынимают пробку из места пуска губки и закрывают вакуумный кран. Далее вынимают губку из переключателей, а переключатели оставляют в положении «Промывка». Затем освобождают молокоприемник, фильтр и охладитель от остатков молока нажатием кнопки на пульте управления молочного насоса. Закрывают кран охлаждающей воды и выключают пульт групповых счетчиков. После чего снимают молочный шланг с емкости для молока и надевают на переходник на ванне. Снимают с

выходного конца фильтра входной шланг охладителя и надевают его на переходник молокоприемника. Вынимают фильтрующий элемент из молочного фильтра и вновь устанавливают направляющую в фильтре. На выходной конец фильтра закрепляют шланг крана циркуляционной промывки. Очищают поверхность доильных аппаратов и подсоединяют к устройству промывки, зафиксировав шайбы клапанов коллекторов.

Для промывки и дезинфекции доильного агрегата и доильных аппаратов включают автомат промывки нажатием кнопки шкафа управления. После заполнения водой ванны открывают вакуумный кран. По окончании промывки вакуумный агрегат автоматически выключается.

Операции технического обслуживания устройства и автомата промывки выполняют в рамках ежедневного и периодического технического обслуживания доильного агрегата АДМ-8А (см. «Работа 20. Доильный агрегат АДМ-8А с молокопроводом»).

#### *Отчет о работе.*

- 1.Вычертите технологическую схему доильного агрегата АДМ-8А с устройством и автоматом промывки в режиме «Промывка».
- 2.Приведите основные технические данные устройства и автомата промывки.
- 3.Опишите технологические регулировки и подготовку к работе устройства и автомата промывки.

#### *Контрольные вопросы и задания.*

- 1.Из каких сборочных единиц состоит система промывки доильного агрегата АДМ-8А?
- 2.Как осуществляется технологический процесс доильного агрегата АДМ-8А в режиме «Промывка»?
- 3.Назовите основные технологические показатели и регулировки устройства и автомата промывки.
- 4.Расскажите о последовательности подготовки доильного агрегата АДМ-8А для работы в режиме «Промывка» с автоматом.

### **2.8 Лабораторная работа № 13,14 ( 4 часа).**

#### **Тема: «Водонагреватели»**

#### *Список литературы:*

- 1.Алешкин В.Р., Рошин П.М. Механизация животноводства/Под ред. С.В. Мельникова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
- 2.Практикум по механизации животноводства для выполнения лабораторных работ по курсу «Механизация животноводческих ферм» 9сост.: Н. Шамсиев, В.Я. Спевак, А.К. Свириденко, В.А. Мухин). – Душанбе. – Изд. ТАУ. 1993

*Цель работы.* Изучение конструкции и работы системы нагрева воды, выполнение операций технического обслуживания и оценка их технического состояния.

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Набор слесарного инструмента и приборов, плакаты, учебные пособия, инструкционно-технологическая карта.

*Содержание работы.*

1. Изучить устройство и работу системы подачи воды.
2. Изучить устройство и работу системы подогрева воды.
3. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Затраты труда на животноводческих фермах на доставку воды и поение животных составляют около 30 % общих трудовых затрат. Электрификация и автоматизация водоснабжения резко снижают затраты труда и средств, облегчают труд обслуживающего персонала и улучшают санитарно-гигиенические условия.

Различают хозяйственное и пожарное водопотребление. Под хозяйственным понимается потребление воды для питья, бытовых, коммунальных, производственных и технических целей. Противопожарное водопотребление характеризуется тем количеством воды, которое необходимо иметь в хозяйстве на случай пожара, не вызывающего нарушение нормального водоснабжения.

Система водоснабжения объединяет комплекс сооружений и устройств на территории хозяйства, обеспечивающих всех потребителей доброкачественной водой в необходимых количествах.

Системы водоснабжения делятся на централизованные, децентрализованные и смешанные. Централизованной называют систему, при которой все точки потребления воды в хозяйстве обслуживаются одним водопроводом. Применение децентрализованной системы означает, что для снабжения водой каждого пункта служит отдельный водопровод. Смешанной называют систему, при которой часть точек потребления снабжается водой централизованно, а другая — децентрализованно.

Выбор системы водоснабжения и ее схемы зависит от многих условий. Однако в любом случае принятая система и схема водоснабжения должны обладать наилучшими в техническом и экономическом отношениях показателями.

Различают напорные и самотечные водопроводы.

Напорные водопроводы применяют, когда вода в источнике находится на одном уровне с потребителем или ниже его, и поэтому ее приходится поднимать на некоторую высоту. Напорные водопроводы разделяют на башенные и обезбашенные.

Башенные водопроводы снабжены порно-регулирующими сооружениями

— водонапорными башнями или баками. Общая схема автоматизированного башенного водоснабжения из открытого источника следующая. Вода из источника по трубе самотеком поступает в приемный колодец. Насосная станция поднимает воду из приемного колодца и подает ее в очистное сооружение из которого вода поступает в резервуар чистой воды. Вторая насосная станция поднимает воду из резервуара чистой воды в водонапорную башню, откуда она направляется по водонапорной сети к объектам потребления.

Когда вода источника не нуждается в очистке (подземные источники), из схемы исключают очистное сооружение, резервуар и насосную станцию.

Схема простой насосной станции с водонапорной башней была приведена на рис. 1. Водонапорную башню рекомендуется ставить в наиболее высоком месте территории животноводческой фермы.

В безбашенных водопроводах напорно-регулирующим устройством служит

герметически закрытый воздушно-водяной котел 5, снабженный реле давления 8.

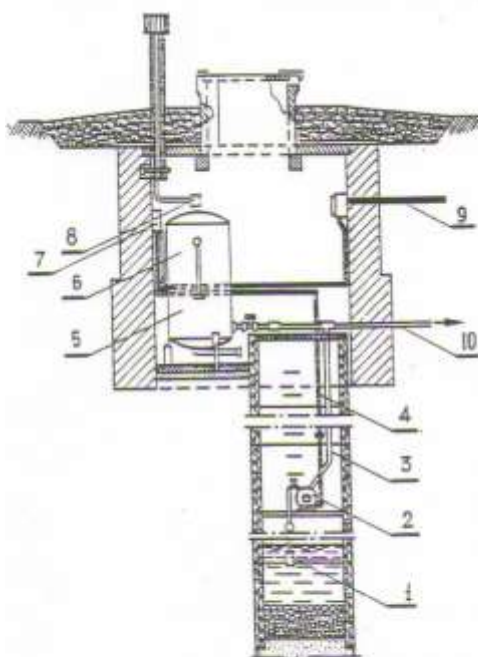


Рис. 20. Схема безбашенной водоканчки.  
1 — приемный колодец; 2 — электродвигатель насоса; 3 — напорная труба; 4 — электрический кабель; 5 — воздушно-водяной котел; 6 — водонепроницаемое стекло и манометр; 7 — станция управления; 8 — реле давления; 9 — манометр; 10 — наружная водопроводная сеть.

Безбашенная водоканчка работает следующим образом. Из источника воды, в который спущен приемный клапан 1, насос по напорной трубе 3 подает воду в наружную водонапорную сеть и в воздушно-водяной котел 5. Если при включенном насосе потребление воды прекратилось, то давление в сети и в воздушно-водяном котле повышается и реле давления 8 отключает электродвигатель 2 насоса. Когда потребление воды возобновляется, давление в трубопроводе и в воздушно-водяном котле падает, реле давления включает электродвигатель 2 насоса.

Самотечные водопроводы применяются в тех случаях, когда уровень воды в источнике находится выше уровня расположения потребителя. Вода накапливается в сборном колодце и по трубопроводу самотеком поступает в подземный сборный резервуар, а из него по наружному трубопроводу и потребителю.

Автоматический ветроводоподъемник ВП-3М предназначен для подъема воды из шахтных колодцев глубиной до 25 м. Он работает в диапазоне скоростей ветра 3—15 м/с, обеспечивая подачу воды до 3 м<sup>3</sup>/ч. Состоит из следующих основных узлов: восемнадцатиллопастного колеса диаметром 3 м, двухступенчатого редуктора с повышающими передачами, хвоста для наведения ветроколеса на ветер, металлической мачты, внутри которой помещается вертикальный вал, передающий вращение от верхнего редуктора к нижнему, опору и ленточного водоподъемника.

Расположение ветрового колеса относительно оси мачты таково, что при Скорости ветра от 8 до 15 м/с части вращения колеса остается постоянной (изменяется угол наклона колеса к направлению ветра). При скорости ветра ниже 8 м/с ветровое колесо располагается перпендикулярно к направлению ветра, а при скорости ветра больше 15 м/с колесо останавливается.

Ветроподъемная установка ВВУ-3 по устройству и принципу действия аналогична рассмотренной выше. Она работает в диапазоне скоростей ветра 3,5 — 25 м/с, обеспечивая подъем воды с глубины до 30 м при производительности 3 м<sup>3</sup>/ч.

Суточная производительность насосной станции должна быть равна максимальному суточному расходу воды на животноводческой ферме.

Система автоматического поения животных представляет собой внутреннюю сеть с водопроводной арматурой (вентили, задвижки, клапаны) и водоразборными устройствами (краны, колонки, гидранты, автопоилки и др.). Автоматические поилки широко распространены в животноводстве. Различают индивидуальные и групповые автоматические поилки. Первые применяют для поения крупного рогатого скота на фермах привязного содержания и свиней, содержащихся в отдельных станках; вторые — для поения крупного рогатого скота при беспривязном содержании, свиней при свободно-выгульном содержании, овец, птицы в летних лагерях и на пастбищах.

Автопоилка одинарная ПА-1 применяется для поения крупного рогатого скота на фермах привязного содержания. Она состоит из поильной чашки ёмкостью около 2 л, корпуса 4 и клапанного механизма пружинного типа.

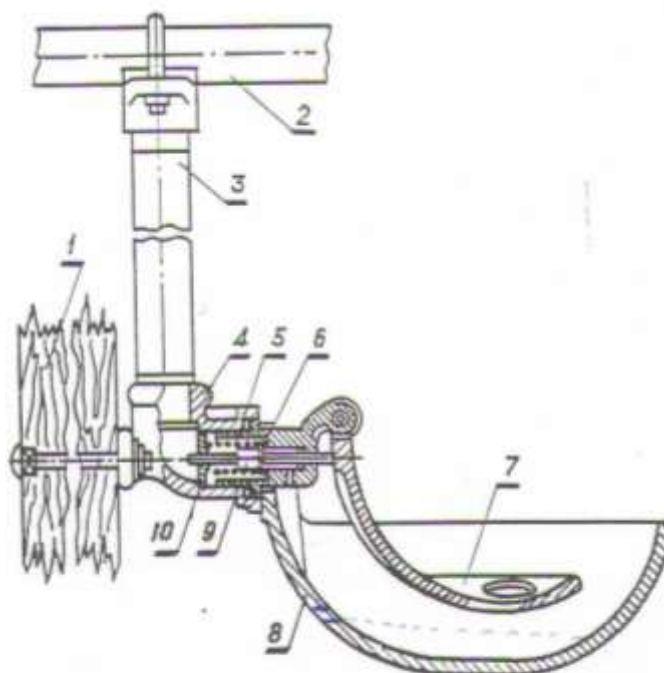


Рис. 21. Автопоилка ПА-1:

1 — разделительная стойка; 2 — внутренняя водопроводная труба; 3 — стояк; 4 — корпус поилки; 5 — пружина; 6 — резиновая прокладка; 7 — педаль; 8 — поильная чашка; 9 — клапан; 10 — решетка

#### Автопоилка ПА-1:

1 — разделительная стойка; 2 — внутренняя водопроводная труба; 3 — стояк; 4 — корпус поилки; 5 — пружина; 6 — резиновая прокладка; 7 — педаль; 8 — поильная чашка; 9 — клапан; 10 — решетка

Вода из трубы 2 по стояку 3 подводится к внутренней полости корпуса 4 поилки и через решетку 10 подходит к резиновой прокладке 6, служащей седлом клапана 9. Когда животное нажимает на педаль 7, пружина 5 сжимается, клапан 9 отходит от седла-прокладки 6 и вода через образовавшуюся щель поступает в поильную чашку 8. Напившись, животное отпустит педаль, клапан 9 под действием пружины 5 плотно прижмется к седлу, поступление воды в поильную чашку прекратится.

Автопоилка ПА-1 рассчитана на обслуживание двух животных, поэтому ее устанавливают на разделительной стойке 1, проходящей между двумя стойлами. Автопоилка сдвоенная ПАС-2 предназначена для поения свиней, содержащихся в станках. Отличается от автопоилки ПА-1 в основном тем, что имеет две поильные чашки, смонтированные на опорной стойке и закрытые металлическими крышками, которые свободно закреплены на осях. Для того, чтобы животное могло приподнять крышку, края ее выступают за края чашки. Автопоилку ПАС-2 устанавливают между двумя станками и крепят к полу болтами.

Автопоилка групповая АГК-12 применяется для поения крупного рогатого скота на выгульных площадках при беспривязном содержании, а также в летних лагерях.

Вода в автопоилку поступает из цистерны емкостью 3 м или из водонапорной сети. Поилка состоит из двух металлических корыт,



соединенных между собой патрубком, одно из которых снабжено клапанным механизмом. Корыта устанавливаются на полозьях, облегчающих их, перемещение.

Клапанный механизм поилки состоит из металлической камеры и клапана, управляемого поплавком, автоматически поддерживающим уровень воды в корытах. Вода из сети или из цистерны подводится к клапану. По мере заполнения корыт уровень воды в них и в камере повышается, поплавок поднимается, закрывая клапан и прекращая поступление воды в корыта. Когда уровень воды в корытах понижается, поплавок опускается, открывая клапан, и вода поступает в корыта. Одна такая поилка рассчитана на обслуживание 100—120 коров. Автопоилка групповая АГС-24 предназначена для поения свиней при групповом их содержании в летних лагерях и в зимних помещениях на свинофермах. Основные узлы поилки: цистерна емкостью 3100 л, установленная на салазках; два корыта, каждое из которых разделено на 12 поильных мест, закрытых крышками. Крышки во время поения открывают сами животные. Цистерну после заполнения ее водой герметически закрывают крышкой. Уровень воды в корытах поддерживается при помощи трубки вакуумного регулятора, связывающей цистерну с одним из корыт. Поилка АТС рассчитана на обслуживание до 500 свиней.

На фермах и комплексах крупного рогатого скота применяется схема кольцевого напорного внутреннего водопровода с одинарными поилками ПА-1. Вода из наружного водопровода поступает в систему внутреннего водопровода. Ввод устраивают в теплой части помещения или утепляют. Для ввода используют трубы диаметром не менее 50 мм, прокладывая их с уклоном по направлению к наружному водопроводу. Ввод и внутреннюю водопроводную сеть соединяют стояком, на котором устанавливают вентиль, служащий для спуска воды из сети, и сгон на случай разборки при ремонте. Главную магистраль внутреннего водопровода собирают из труб диаметром 25 мм. При верхней разводке трубы прокладывают по верху стойловых рам, на высоте 1600—1700 мм от пола, вдоль переднего борта кормушек. На разделительных стойках кормушек на высоте 600 мм от пола крепят автопоилки. Поилки соединяют с магистральным трубопроводом стояками и седелками. Стояк присоединяют к седелке и к корпусу автопоилки на резьбе.

В стык- между седелкой и внутренней водопроводной трубой устанавливают резиновую прокладку и крепят хомутом. В местах присоединения седелок в трубе просверливают отверстие диаметром 10—12 мм. Для мытья помещения и других нужд предусматривают сооружение водоразборных и поливочных кранов, расположенных на высоте 0,5—1,1 м от пола.

На животноводческих комплексах возможно применение схемы безнапорного внутреннего водопровода, которая предполагает применение бесклапанных поилок, представляющих собой поильные чаши емкостью от 2 до 4 л или железобетонные корыта. Поильные чаши крепят на стояках внутреннего трубопровода нижней разводки.

Для регулирования уровня воды в поилках служат групповые регулирующие бачки емкостью 30—50 л. Такой бачок снабжен запорным клапаном и поплавком. Вода из наружной водопроводной сети по вводу поступает к запорному клапану группового бачка. Поплавок открывает или закрывает запорный клапан в зависимости от уровня воды в поилках, то есть по мере ее расходования.

При устройстве безнапорного водопровода поилки устанавливают на одном уровне с групповыми регулируемыми бачками, а водопроводные трубы прокладывают с уклоном 0,05 от бачка.

В зимнее время возникает необходимость подогрева воды для поения животных. Особенно важен подогрев воды в неотапливаемых помещениях и при беспривязном содержании животных. Холодная вода очень неохотно потребляется животными, из-за чего снижаются удои у коров и привесы у откормочного поголовья. Кроме того, очень часты простудные заболевания, особенно у молодняка. Следовательно, подогрев воды при поении животных зимой необходим, главным образом, по биологическим причинам.

В соответствии с зоотехническими требованиями, температура воды в поилках зимой должна быть для крупного рогатого скота не ниже 5-г 7° С, для свиней на откорме 1-г 3°С, для молодняка в зависимости от возраста 15-г 25° С.

Оптимальная температура питьевой воды для коров 12-г 14° С.

Такая вода оказывает освежающее действие и потребляется животными в достаточном количестве. При этом надои от каждой коровы увеличиваются на 0,5—1 л в день, сокращается потребление кормов, снижаются простудные заболевания.

Кроме зоотехнических требований, необходимость подогрева воды обуславливается также опасностью замерзания трубопроводов, особенно в неотапливаемых помещениях. Перебои в водоснабжении снижают удои коров на 10—15%, а их прирост—на 3—5%.

Способы и схема электроподогрева воды при поении зависят от вида животных, их содержания, типа помещений и др.

При привязном содержании животных применяется подогрев с циркуляцией воды. В питательную магистраль автопоения встраивается проточный электроводонагреватель типа УАП или ВЭП-600. Принудительную циркуляцию воды в замкнутой системе создает центробежный насос, включенный в разрез системы после водонагревателя.

Схема системы автопоения с подогревом воды часто представляет собой обычную внутреннюю водопроводную сеть с нижней разводкой магистрального трубопровода 2 (рис. 22), который расположен ниже автопоилок 4. Вода в поилки поступает по стоякам снизу вверх. Температура воды для поения коров, согласно зоотехническим требованиям, должна составлять 12 ~ 14° С. Поэтому в зимнее время внутренний трубопровод подключают к нагревательному устройству, которое состоит из вихревого насоса 1 с электродвигателем, нагревательного 5 и смесительного 8 баков.

Насос с электродвигателем и нагревательный бак устанавливают в подсобном помещении, а смесительный —

На чердачном перекрытии скотного двора.

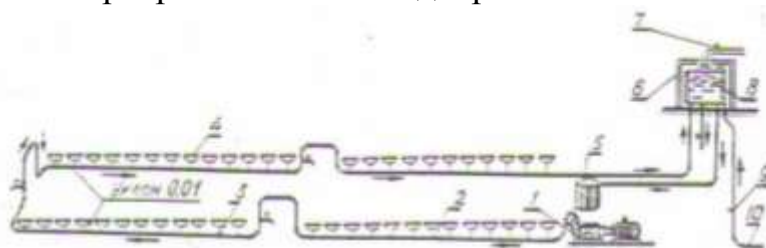


Рис. 22. Схема системы автопоения с электроводонагревателем:

1 — насос с электродвигателем; 2 — главная магистраль; 3 — стояк автопоилки; 4 — автопоилка; 5 — нагревательный бак; 6 — короб; 7 — кран; 8 — смесительный бак; 9 — стояк; 10 — ввод

Схема системы автопоения с электроводонагревателем:

1 — насос с электродвигателем; 2 — главная магистраль; 3 — стояк автопоилки; 4 — автопоилка; 5 — нагревательный бак; 6 — короб; 7 — кран; 8 — смесительный бак; 9 — стояк; 10 — ввод

Нагревательный бак 5 выполнен в виде герметически закрытого металлического цилиндра, внутри которого находится трёхфазный элементный водонагреватель мощностью 6—12 кВт, соединенный в звезду.

Водонагреватель собран из двух секций, позволяющих регулировать температуру подогреваемой воды в зависимости от температуры воздуха в животноводческом помещении.

Смесительный бак 8 изготовлен из листового железа и снабжен герметически закрывающейся крышкой с вмонтированной в нее трубой, через которую в бак поступает холодная вода из наружной водопроводной сети. Бак утепляют опилками, которые засыпают между стенками короба 6 и бака. Холодная вода из наружной водопроводной сети поступает по вводу 10, стояку 9 в смесительный бак 8, одновременно заполняя нагревательный бак 5 и главную магистраль 2. При заполнении системы водой кран 7 открывают, чтобы выпустить воздух; когда же система заполнена, кран 7 закрывают и включают электродвигатель насоса 1, а затем нагревательные элементы бака 5.

Во время работы насоса вода циркулирует по замкнутому кольцу: насос 1 — главный трубопровод 2 — смесительный бак 8 — нагревательный бак 5 — насос 1, поступая при этом по стоякам 3 в автопоилки 4. Холодная вода, попадающая в смесительный бак 8 из наружного водопровода, все время перемешивается с теплой.

На животноводческих фермах беспривязного содержания с поением животных на выгульно-кормовых площадках применяют групповые поилки, оборудованные электрическими водонагревательными элементами, а в помещениях для молодняка, молочных и родильных отделениях — водонагреватели-термосы.

Автопоилка АГК-4 предназначена для поения крупного рогатого скота на выгульно-кормовых площадках при беспривязном содержании.

Автопоилка представляет собой теплоизолированный корпус, в верхней части которого установлена поильная чаша. Автопоилка имеет четыре поильных места, закрытых крышками. Крышки в закрытом состоянии удерживаются пружинами. В средней части поильной чаши находится устройство поплавкового типа, состоящее из поплавка и клапана, которое автоматически поддерживает заданный уровень воды в автопоилке.

Чтобы вода в автопоилке зимой не замерзала, имеется электрическая система подогрева воды с расположением воздушного электронагревателя под поильной чашей. Температура воды поддерживается в пределах 5-г 14 С при помощи терморегулятора.

Для слива воды из поильной чаши во время периодической мойки поилки служит спускная труба, закрытая пробкой. Автопоилка АГК-4 рассчитана на обслуживание 100—120 голов крупного рогатого скота.

Большое распространение на животноводческих фермах получил водонагреватель-термос ВЭТ-200 емкостью 200 л. Он подключается к электрической сети через магнитный пускатель, предохранители и рубильник.

К водопроводной сети аппарат присоединяется через запорный вентиль, обратный клапан и шланги.

В конструкцию водонагревателя входят резервуар, кожух с крышкой, между которыми расположена теплоизоляция, электрическое нагревательное устройство и температурное реле. Нижний патрубок резервуара соединен с водопроводом, а верхний — с трубой горячей воды.

Нагревательное устройство состоит из трех элементов (ТЭНов), которые рассчитаны на присоединение к электрической сети напряжением 380/220 В по схеме «Звезда». Корпус каждого из них выполнен в виде изогнутой трубки, внутрь которой заложена спираль высокого сопротивления. Между спиралью и стенками трубки уложена электрическая изоляция, хорошо проводящая тепло. Температурное реле отключает водонагреватель от электрической сети, когда температура воды достигнет заданного значения. Аппарат нагревает 200 л холодной воды в течение 4 ч до температуры 80—85° С, потребляя при этом из сети 21 кВт·ч электроэнергии. Резервуар водонагревателя-термоса постоянно заполнен водой. При отборе горячей воды в резервуар поступает такое же количество холодной воды.

Водонагреватель-термос ВЭТ-400 по конструкции и принципу действия аналогичен описанному выше водонагревателю-термосу ВЭТ-200, но имеет емкость 400 л.

По заданию Министерства сельского хозяйства КазССР в Казахском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства была разработана простая и надежная конструкция электродного водонагревателя типа ЭВН-10/20—0,4 мощностью 16—25 кВт. Водонагреватель предназначен для отопления животноводческих и различных производственных помещений (мастерских, гаражей, столовых), а также клубов, библиотек, детских садов и жилых домов объемом до 600 м<sup>3</sup>.

Он может быть использован для получения горячей воды через теплообменник или промежуточный бак.

Водонагреватель ЭВН-10/20—0,4 состоит из следующих основных частей: корпуса, крышки, электродов со шпильками, изоляторов, защитного кожуха, изолирующих пластин, входного и выходного патрубков, кронштейна для крепления.

Отдельно от водонагревателя на стене крепится шкаф управления и автоматики. Внутри шкафа управления (рис. 23) смонтированы: автоматический выключатель АВ, магнитный пускатель Л, промежуточные реле РГТ1—РТТ4, предохранитель ПР, термосигнализатор ТСМ-100, трансформатор тока ТТ, клеммный набор КН. На дверце шкафа управления установлены кнопка управления КУ, пакетный переключатель ПП, сигнальная лампа ЛС с добавочным сопротивлением R, амперметр А.

Датчик термосигнализатора устанавливается с помощью специального патрубка, прилагаемого в комплекте, на отводящем трубопроводе на расстоянии не более 1 м от изолирующей вставки или непосредственно на крышке нагревателя. В автоматическом режиме периодическое включение водонагревателя осуществляется магнитным пускателем с помощью промежуточного реле РП1, нормально замкнутые контакты которого РШ находятся в цепи катушки Л магнитного пускателя.

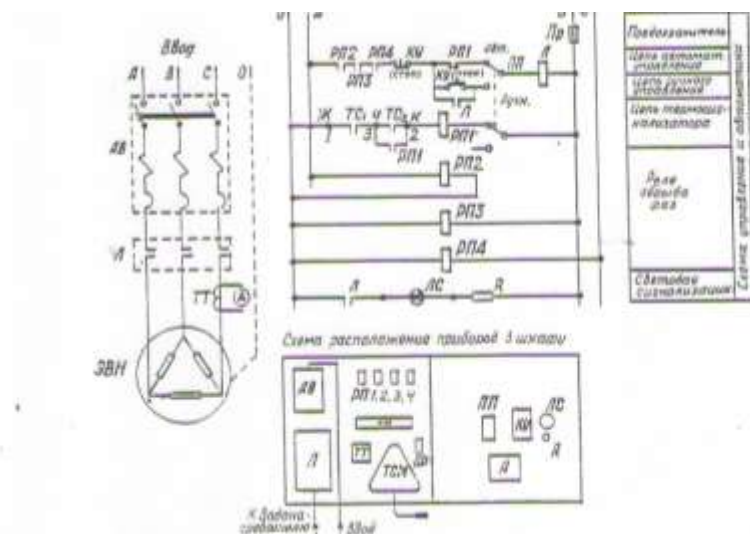


Рис. 23. Электрическая схема управления и автоматики нагревателя ЭВН-10/20-0,4

В зависимости от заданных границ температуры, устанавливаемых с помощью термосигнализатора ТСМ-100, происходит включение и отключение реле РШ (контактами ТС1 и ТС2). Так, при достижении верхней границы температуры в системе отопления, равной 95° С, контакты ТС2 замыкаются и реле РШ, включаясь разрывает свои нормально замкнутые

контакты РШ в цепи магнитного пускателя Л. Последний отключает водонагреватель от электрической сети.

При снижении температуры контакты ТС2 размыкаются. Однако реле РШ самоулерживается во включенном состоянии нормально открытыми контактами РП1, замкнутыми ранее при замыкании контактов ТС2. При достижении системой отопления (или горячего водоснабжения) нижнего предела температуры контакты ТС1 размыкаются, реле РП1 отключается и пускатель Л, снова включаясь, подключает водонагреватель к сети. Затем цикл работы автоматики повторяется.

При ручном управлении, только в случае необходимости опробования нагревателя, переключатель режимов работы ПП должен быть поставлен в положение «Ручное».

Включение нагревателя осуществляется кнопкой «Пуск», отключение — кнопкой «Стоп».

При пропадании одной из фаз или перегорании предохранителя катушка пускателя Л самостоятельно или с помощью реле РП2—РП4 теряет питание, и нагреватель отключается от сети. В зависимости от использования водонагреватель должен присоединяться к трубопроводам согласно требованиям техники безопасности. Электрический ввод подключают к автомату, расположенному в шкафу управления, от шкафа управления концы кабеля— к шпилькам электродов и болту зануления. При этом также должны строго соблюдаться правила техники безопасности.

Схемы включения водонагревателя в системы отопления и горячего водоснабжения обычные. Допустимо также включение водонагревателя на промежуточную аккумулирующую ёмкость не более 1,5 м<sup>3</sup> для периодического (трех-, четырехкратного) расхода горячей воды до 1200 л/ч.

Бак водонагревателя может крепиться к стене с помощью имеющегося в комплекте кронштейна или устанавливаться на изолирующих подставках. Для наиболее удобного подключения нагревателя к системе отопления кронштейн может закрепляться в различных точках ниже разъема крышки и корпуса. Шкаф управления и автоматики монтируется на стене рядом с водонагревателем.

Система отопления должна иметь расширительный бак и сообщаться с атмосферой. При естественной циркуляции расширительный бак устанавливается в верхней точке системы и соединяется с подводящим трубопроводом. Нагреватель должен находиться в низшей точке системы. Датчик термосигнализатора (термобаллон) устанавливается в верхней крышке нагревателя.

При необходимости увеличения мощности водонагревателя следует поменять установленные электроды на электроды с большей поверхностью. Для этого нужно отключить водонагреватель, снять защитный кожух и питающий кабель.

лишив питания катушку магнитного пускателя, отключает котел от сети.

Когда температура воды превысит максимально допустимую, электроконтактный термометр ЭКТ 2, замыкая цепи катушек других промежуточных реле, отключит котел от сети.

В схеме применен однопозиционный принцип регулирования, поскольку котлы ЭПЗ предназначены для работы с замкнутым контуром. Если котел используется для отопления помещений, то вместо электроконтактного термометра ЭКТ 2 подключается двухпозиционный датчик температуры ДТ камерного типа.

В режиме ручного управления переключатель ставят в положение Р. Потребляемую мощность можно изменять от 10 до 100 %, перемещая при помощи регулировочного колеса изоляционные цилиндры между <sup>Л</sup>фазными электродами и антиэлектродами (нулевыми электродами).

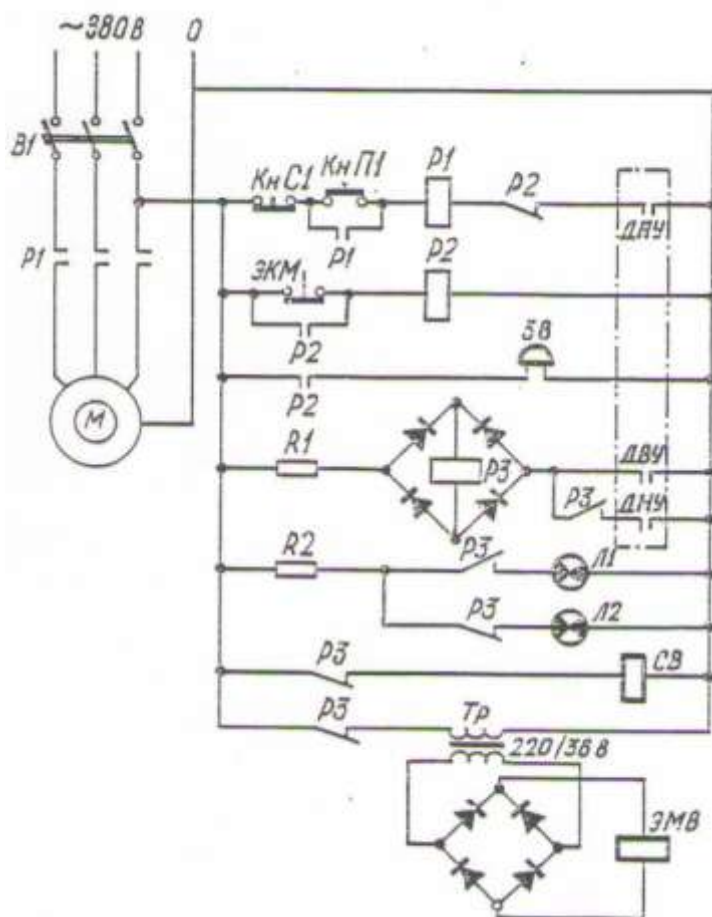
## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПАРООБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ПАРОВЫХ КОТЛОВ**

На животноводческих комплексах и фермах при тепловой обработке кормов, пастеризации молока, стерилизации молочной посуды, отоплении помещений и т. д., кроме горячей воды, широко используется пар. Эти процессы выполняются при помощи пара низких параметров с избыточным давлением 70—200 кПа, который вырабатывают огневые котлы типов КВ, КМ и др., а также электрические котлы и парогенераторы.

Электрическая схема автоматизации парового котла типа КМ, работающего на жидком топливе, показана на рисунке 24. Топливо к форсункам подает насос, приводимый в действие электродвигателем М.

Схему включают автоматом В1. Вода из водопровода проходит через открывшийся соленоидный клапан СВ, подвергается электромагнитной обработке, поступает в котел и, заполняя его, замыкает контакты электродных датчиков уровней. Когда вода замкнет контакт датчика верхнего уровня ДВУ, сработает промежуточное реле РЗ и отключит соленоидный клапан и магнитную обработку воды. Электродвигатель топливного насоса включается кнопкой КнШ. только если вода в котле перекрывает датчик аварийного уровня ДАУ. Соленоидный клапан снова подает воду в котел, когда будет израсходован весь регулирующий объем, заключенный между верхним и нижним электродами. В дальнейшем в зависимости от расхода пара и горячей воды цикл наполнения повторяется. О наличии воды в котле сигнализируют лампы Л1 и Л2.





Если давление в котле превышает установленное, электроконтактный манометр ЭКМ закрывает свой контакт и подает питание на промежуточное реле Р2, которое отключает магнитный пускатель Р1 двигателя топливного насоса. Нагрев прекращается.

Приведенная схема является полуавтоматической и используется для однократного получения пара. Однако применение устройств зажигания топлива ЭЗС-1 и контроля пламени РП-2 позволяет полностью автоматизировать процесс.

Электрические котлы и парообразователи проще в управлении и надежнее в работе, чем паровые котлы.

Схема автоматизации электрического парообразователя ПЭ-50 приведена на рисунке 25. Ее подключают к сети автоматом В.

Универсальным переключателем УП задают автоматический и ручной режимы работы.

В автоматическом режиме переключатель УП переводят в положение А. В парообразователе установлены электродные датчики уровней. Когда вода замыкает контакты датчика ДВУ верхнего уровня, получает питание промежуточное реле Р3, которое лишает питания соленоидный клапан СВ, в результате чего прекращается поступление воды в парообразователь. Повторно клапан включается, если вода откроет контакты ДНУ датчика нижнего уровня.



Давление пара в заданных пределах поддерживает электроконтактный манометр ЭКМ. Когда давление пара уменьшится до минимального, замыкается контакт  $P_{min}$ , реле  $P2$  получает питание и вводит в цепь тока катушку магнитного пускателя  $P$ , включающего нагрев. Если же давление возрастает до максимально допустимого, замыкается контакт  $P_{max}$ , получает питание реле  $P1$  и отключает реле  $P2$ . Магнитный пускатель  $P$  теряет питание и отключает парообразователь. В ручном режиме работой парообразователя управляют при помощи кнопочной станции.

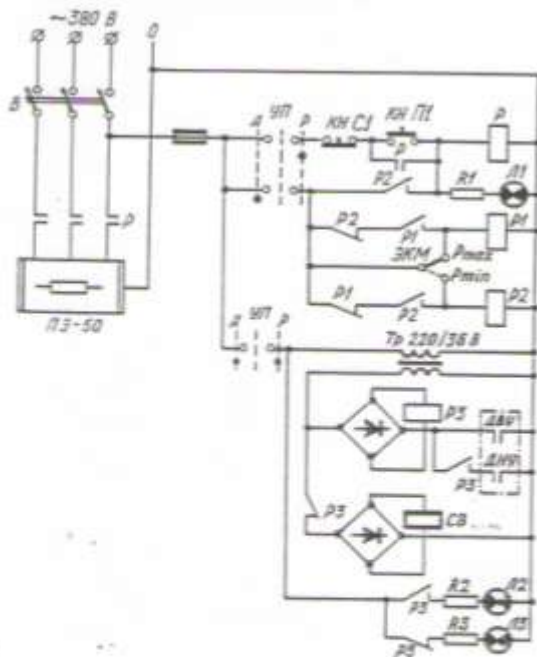


Рис.25 Схема автоматизации электродного парообразователя ПЭ-50

Там, где требуется значительное количество пара, применяют паровые котлы типа ЭКП или КЭПР. Важной особенностью этих котлов является то, что они не требуют специальных схем автоматики, а работают по принцип) саморегулирования.

На рисунке 26 приведена схема электродного парового котла типа КЭПР-0,4 мощностью 160 кВт, напряжением 380 В. Производительность — 200—350 кг/ч пара при давлении 600 кПа.

Котел представляет собой сварной сосуд из стандартных стальных труб, размещенных соосно и образующих парогенерирующую 2 и вытеснительную 3 камеры. Внутри камеры 2 размещена электродная система 4 с параллельным расположением электродов в виде пакета пластин, к которым через проходные изоляторы 1 подводится напряжение. Самые крайние пластины изолированы с наружной стороны диэлектрическими обкладками.

Верхние части камер 2 и 3 водой не заполнены и образуют паровое пространство. Особенность котла — автоматическое регулирование

мощности в зависимости от разбора пара. При давлении пара, не превышающем максимально допустимое, регулирующий клапан регулятора температуры 7 открыт, и вода в обеих камерах находится на одном уровне, полностью закрывая электроды и обеспечивая полную мощность. При уменьшении разбора пара давление и температура возрастают, и когда они превысят заданное значение, сработает регулятор 7, перекрывая сообщение камер 2 и 3. Под действием возрастающего давления пара вода из камеры 2 вытесняется в камеру 3, при этом электроды оголяются, и мощность котла уменьшается. Такой принцип обеспечивает автоматическую работу котла не только при изменении разбора пара, но и при изменении удельного сопротивления воды. Это выгодно отличает котел типа КЭПР от водогрейных электродных котлов, например типа КЭВЗ, рассчитанных на воду с определенным удельным сопротивлением.

Подпитка котла осуществляется через поплавковый регулятор подпитки 5, откуда вода поступает в вытеснительную камеру 3. Для уменьшения влажности пара в парогенерирующей камере установлен механический сепаратор пара 6. Котел снабжен двумя предохранительными клапанами для защиты от повышения давления, двумя водомерными колонками и манометром со шкалой, до 1000 кПа (10 кгс/см<sup>2</sup>).

Котел КЭПР-6 отличается от описанного котла электрическими вводами, рассчитанными на напряжение 6 кВ. Мощность 2500 кВт при 3000 кг/ч пара и давлении 600 кПа.

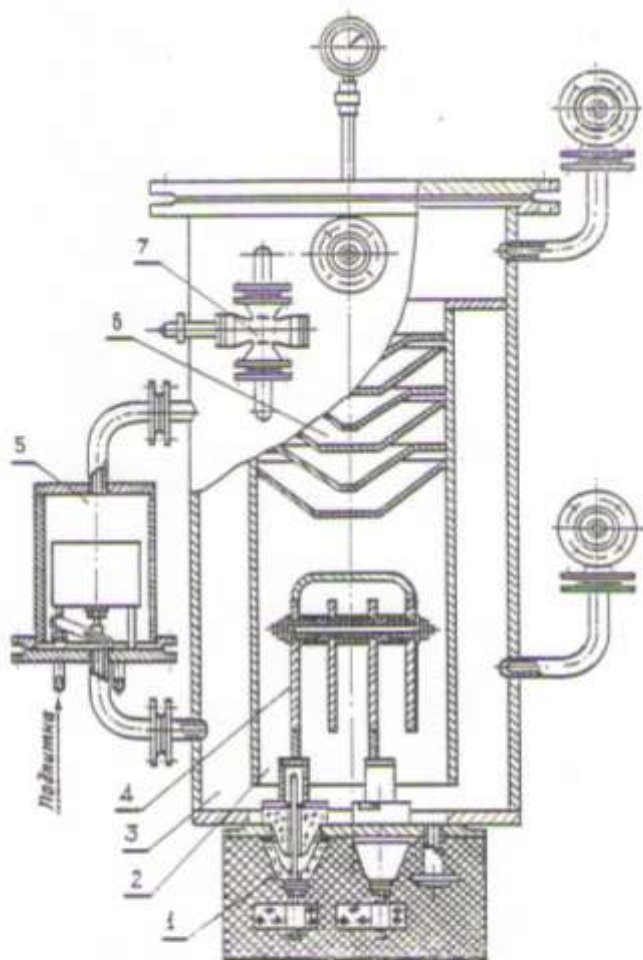


Рис. 26. Электродный паровой котел типа КЭПР-160/0,4.

1 — проходной изолятор; 2 — парогенераторная камера; 3 — вытеснительная камера; 4 — электродная система; 5 — поплавковый регулятор подпитки; 6 — механический сепаратор пара; 7 — регулятор температуры пара

Рис. 26 Электродный паровой котел типа КЭПР —1

1-проходной изолятор. 2-парогенераторная камер  
электродная система, 5- поплавковый регулятор  
паратор пара, 7 — регулятор температуры пара.

## 2.9 Лабораторная работа № 15,16 ( 4 часа).

Тема: «Комплект вентиляционного оборудования (Климат-4)»

### Список литературы:

Алешкин В.Р., Рошин П.М. Механизация животноводства/Под ред. С.В. Мельникова. — М.: Агропромиздат, 1985. — 336 с. Практикум по механизации животноводства для выполнения лабораторных работ по курсу «Механизация животноводческих ферм» 9сост.: Н. Шамсиев, В.Я. Спевак, А.К. Свириденко, В.А. Мухин). — Душанбе. — Изд. ТАУ. 1993

*Цель работы.* Изучение устройства и работы комплекта вентиляционного оборудования (Климат-4).

*Оборудование, инструмент и наглядные пособия.* Часть комплекта «Климат-4» с пультом управления, датчиками температуры, автотрансформатором и вентиляторами; термометры со шкалой до 50 °С; радиальный вентилятор; водяной калорифер.

*Содержание работы.*

1. Изучить устройство и работу Комплект вентиляционного оборудования (Климат-4)
2. Составить и сдать отчет о проделанной работе.

*Методические указания к работе.* Комплект оборудования «Климат-4» предназначен для создания необходимого воздухообмена в животноводческих и птицеводческих помещениях. В состав комплекта входят системы с централизованным теплоснабжением и с децентрализованной подачей теплоты.

Комплект «Климат-4» состоит из отопительного и вентиляционного оборудования. Отопительными агрегатами служат теплогенераторы ТГ-1,0 (ТГ-1,ОА), ТГ-2,5 (ТГ-2,5А) или электрокалориферы типа СФОЦ. Число агрегатов в комплекте изменяют в зависимости от помещения, климатической зоны, вида и возраста животных.

«Климат-4» выпускают в двух типоразмерах: с контактной станцией управления типа ШАП.5711-33А2У5 и с бесконтактным устройством МК- ВАУЗ. В зависимости от номера вентилятора комплект имеет два типоразмера «Климат-45», «Климат-47». В зависимости от числа вентиляторов каждый типоразмер имеет по пять типоразмеров.

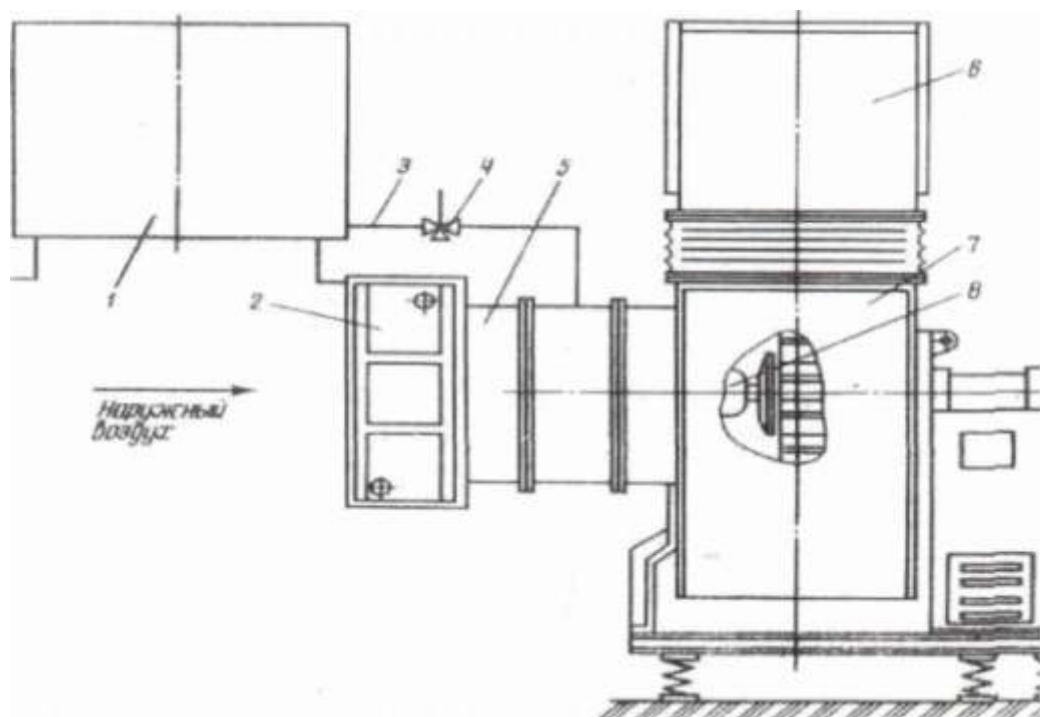
*Комплекты оборудования «Климат-2» и «Климат-3»* предназначены для создания температурно-влажностных условий в животноводческих и птицеводческих помещениях с системами воздушного обогрева при помощи отопительно-вентиляционных агрегатов с водяными (паровыми) калориферами.

В комплекты «Климат-2» и «Климат-3» входит приточная отопительно-вентиляционно-увлажнительная установка типа ПОВУА, которая предназначена для подогрева, увлажнения, охлаждения и подачи свежего воздуха в помещение.

*Установка ПОВУА* состоит (рис.1) из вентиляционного агрегата, разбрызгивателя, каплеуловителя, напорного бака, жалюзи, калориферов, регулирующего клапана (для «Климат-3»).

Вентиляционный агрегат представляет собой радиальный вентилятор Ц4- 70, смонтированный на раме с виброизоляторами. Центробежный (радиальный) вентилятор имеет входное и выходное отверстия, кожух, внутри которого находится рабочее лопастное колесо и шкив, насаженный на вал, вращающийся в подшипниках. Рабочее колесо—основной орган центро-

бежного вентилятора — представляет собой пустотелый барабан, в котором по всей боковой поверхности параллельно оси вращения на равных расстояниях установлены лопатки. Они скреплены по окружности передним кольцом и задним сплошным диском, в центре которого находится ступица для насаживания рабочего колеса на вал. В зависимости от назначения вентилятора лопатки рабочего колеса изготовляют загнутыми вперед, назад и радиальными. Работа вентилятора заключается в том, что при вращении рабочего колеса в его полости создается разрежение. Воздух, поступающий в полость колеса, захватывается его лопатками, сжимается и под действием центробежных сил отбрасывается к периферии кожуха, изменяя направление своего движения на  $90^\circ$ .



Климатическая установка КЛИМАТ - 4»:

1—напорный бак; 2—калориферы; 3 — трубопровод; 4 — электромагнитный клапан; 5 — жалюзи; 6 — каплеуловитель; 7 — вентиляционный агрегат; 8 — разбрызгиватель.

Подачу вентиляторов регулируют дросселированием, поворотом лопаток рабочего колеса и частотой вращения.

Для привода радиальных вентиляторов ПОВУА используют трехскоростные электродвигатели, позволяющие достаточно просто изменять подачу агрегатов. Частоту вращения регулируют изменением числа пар полюсов обмотки электродвигателя. Синхронная частота вращения асинхронного электродвигателя пропорциональна частоте тока питающей сети и обратно пропорциональна числу пар полюсов.

Поэтому при изменении числа пар полюсов (при неизменной частоте сети) изменяется синхронная частота вращения асинхронного короткозамкнутого электродвигателя. Многоскоростные двигатели

изготавливают как с одной статорной обмоткой, разделенной на равные части, так и с двумя независимыми обмотками. Полуобмотки соединяют последовательно или параллельно. При параллельном включении изменяется направление тока в одной части обмоток и магнитный поток перераспределяется в пространстве, что уменьшает вдвое число пар полюсов и соответственно увеличивает синхронную частоту вращения. Многоскоростные двигатели обладают высокими энергетическими показателями (КПД,  $\cos \varphi$ ), что особенно важно для вентиляции животноводческих ферм и комплексов, где приточные вентиляторы работают до 8 тыс. ч в год.

В разбрызгивателе (рис.2) вода для увлажнения потока воздуха, проходящего через вентиляционный агрегат, распыляется при помощи диска 6 приводимого во вращение двухполюсным электродвигателем 3. Вода на диск подается самотеком по трубе из напорного бака и под действием центробежных сил равномерно распыляется. Нераспылившаяся вода стекает вниз в каплеуловитель. Подачу воды регулирует электромагнитный клапан.

Принцип действия клапана заключается в том, что электродвигатель исполнительного механизма при подаче на него напряжения через шестерни и рейку поднимает или опускает подвижную систему плунжера, который увеличивает или уменьшает расход горячей воды через клапан. Различным положениям плунжера соответствуют определенные количества воды, проходящей через клапан в калориферы. При отключенном от сети исполнительном механизме плунжер клапана может находиться в любом положении.

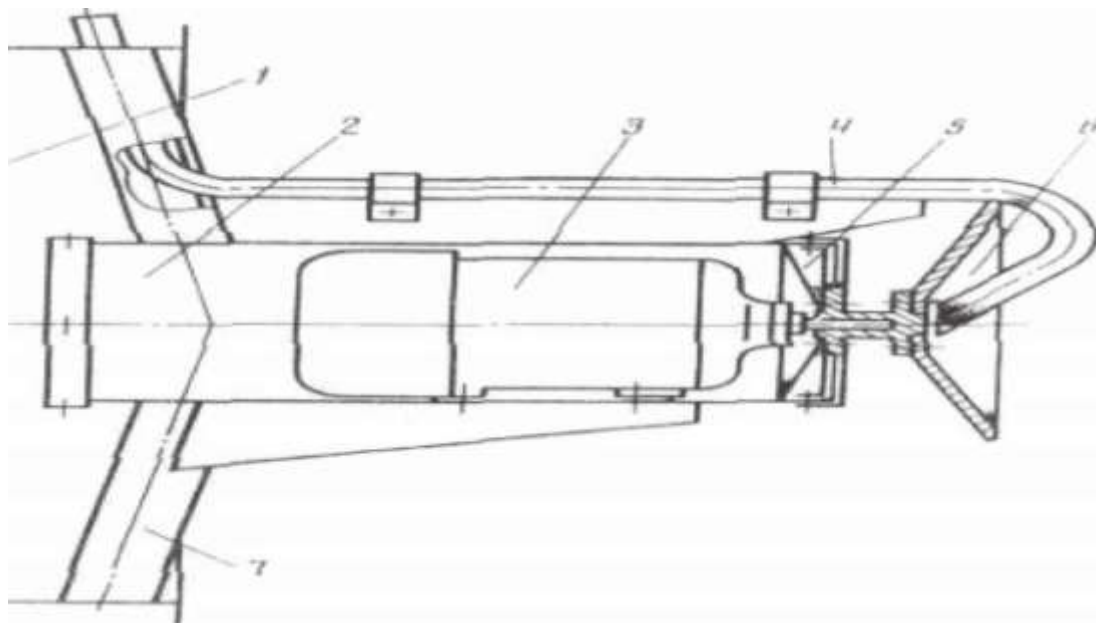


Рис. 2. Устройство разбрызгивателя:

1 — конфузор; 2 — каркас; 3 — электродвигатель; 4 — трубка; 5 — крыльчатка; 6 — диск; 7 — трубчатые стойки.

Для подогрева приточного воздуха агрегаты ПОВУА комплектуют многоходовыми пластинчатыми калориферами типа КВС-П или КВБ-П средней или большой модели.

Калориферы состоят из теплоотдающих элементов, трубных решеток, боковых крышек и щитов. Теплоотдающий элемент выполнен из трубок диаметром 16х1,6 мм и стальных гофрированных пластин, насаженных на трубки. Расположение трубок—смещенное, с шагом 8 мм. Контакт между трубками и насаженными на них пластинами осуществляется при помощи оцинковки. Калориферы имеют съемные боковые щитки, которые крепят к торцам трубных решеток при помощи болтового соединения. Между щитками и трубной решеткой, а также составных калориферных установках по торцам трубных решеток ставя уплотнительные прокладки. Калориферы устанавливают с горизонтальным расположением трубок.

В комплекте «Климат-3» мощность калориферов регулируют изменением расхода теплоносителя при помощи регулирующего клапана на обратном трубопроводе.

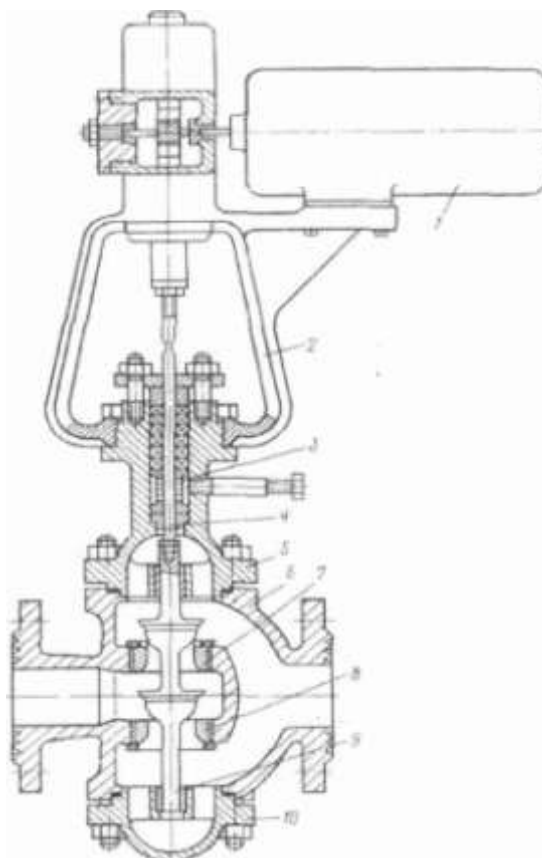


Рис. 3. Устройство регулирующего клапана:

1 — исполнительный механизм; 2— бугель; 3—сальник; 4—шток; 5— верхняя крышка; 6—корпус; 7 — верхнее седло; 8 — нижнее седло; 9 — плунжер; 10 — нижняя крышка.

Клапан 25ч931нж (рис.3) состоит из корпуса 6 с верхним 7 и нижним 8 седлами, верхней 5 и нижней 10 крышек штока 4 с плунжером 9, сальника 3 из асбестового шнура АН, бугеля 2 и исполнительного механизма-1.

Комплекты оборудования «Климат-45» и «Климат-47» отличаются между собой типом и числом входящих в них вентиляторов. Указанные модификации комплектуют вентиляторами ВО-5,6 и ВО-7.

Отличительная особенность вентиляторов типа ВО— применение, широколопастной крыльчатки из алюминия, свободно открывающейся жалюзийной решетки на выходе воздуха из вентилятора и специальных электродвигателей для привода, частоту вращения которых можно регулировать изменением напряжения на зажимах. Для этого предназначены автотрансформатор *TV* типа АТ-10 мощностью 10 кВ-А с 16 отпайками на различное напряжение и станция управления.

Система управления комплектами оборудования типа «Климат» *обеспечивает:*

- ступенчатое регулирование частоты вращения вентиляторов; автоматический переход на низшую и высшую частоты вращения вентиляторов при изменении температуры воздуха в помещении;

- автоматический выбор числа работающих вентиляторов и отключение одной группы вентиляторов при понижении температуры воздуха в помещении;

- автоматическое отключение вентиляторов при аварийном понижении температуры воздуха в помещении;

- автоматическую защиту от коротких замыканий и перегрузок. При помощи системы управления можно задавать температуру воздуха в помещении от 5 до 35°C, регулировать напряжение, подаваемое на

- электродвигатели вентиляторов, осуществлять сигнализацию частоты вращения вентиляторов.

В качестве командных приборов используют два трехпозиционных полупроводниковых терморегулятора типа ПТР-3 с диапазоном регулируемых температур 5...35°C. Терморегулятор размещают в пластмассовом корпусе, к которому крепят монтажную панель. На панели с наружной стороны укрепляют настроечный блок и предохранитель. На настроечном блоке имеются шкалы для установки требуемых значений температуры и дифференциала (размах колебаний температуры).

Принципиальная электрическая схема системы управления комплектом оборудования «Климат-4» приведена на рисунке 4. Десять вентиляторов комплекта разбиты на три группы и через автоматические выключатели подключены к щиту управления, на который выведено напряжение питания от автотрансформатора АТ-10 и напряжение сети. Максимально допустимый, ток нагрузки станции управления 25 А.



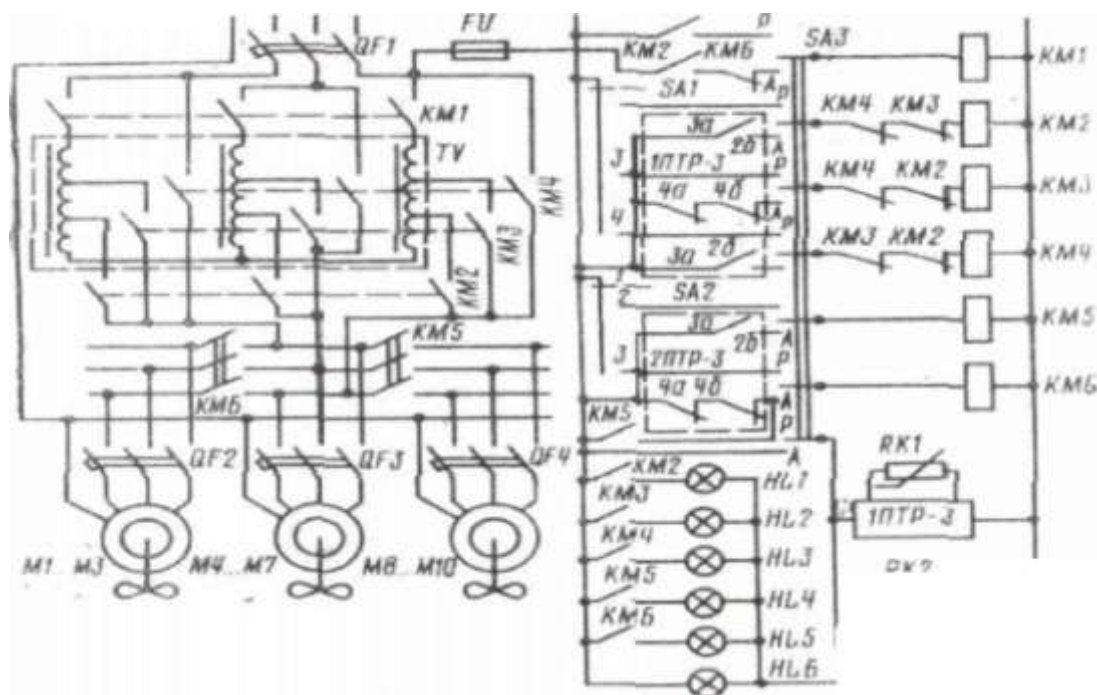


Рис. 4, Принципиальная электрическая схема автоматического управления комплектом оборудования «Климат-4».

Экранированными проводами к щиту подключены датчики температуры— термисторы терморегуляторов ПТР-3. Системой предусмотрено ручное и автоматическое управление работой вентиляторов при помощи переключателя SA3. Переключатель SA3 имеет четыре положения: «1»—все вентиляторы отключены; «2»—включен пускатель КМ1, вентиляторы работают на низшей частоте вращения; «3»—включен пускатель КМ3, вентиляторы работают на средней частоте вращения. В четвертом положении двигатели вентиляторов подключаются пускателем КМ4 на полное напряжение сети и работают с максимальной подачей.

При автоматическом управлении эти же операции выполняются по командам терморегуляторов ПТР-3, датчики которых расположены в точке регулирования температуры в помещении. При этом уставка регулятора 1ПТР-3 должна быть на 2...3°C выше уставки регулятора 2ПТР-3. Терморезистор RFC управляет частотой вращения всех вентиляторов, РК2—подгруппами.

Автоматическое управление вентиляторами осуществляется следующим образом. Если температура в помещении соответствует заданной на регуляторе 1 ПТР-3, то пускатели КМ1, КМ3, КМ5 и КМ6 включены и вентиляторы работают на средней частоте вращения. При повышении температуры от 0,5 до 2,5 °C (половина значения установки дифференциала регулятора 1 ПТР-3) пускателем КМ4: вентиляторы переключаются на максимальную подачу, а при понижении температуры они переключаются на низшую подачу.

Если температура воздуха в точке регулирования продолжает понижаться, то выключается магнитный пускатель КМ5, отключая

соответственно первую группу вентиляторов А/8...АЛО. При дальнейшем снижении температуры выключается пускатель КМ6, который отключает вторую группу вентиляторов М 1...А/3, а затем пускатель КМ\, который отключает автотрансформатор и все вентиляторы. При повышении температуры включение вентиляторов происходит в обратном порядке. Для изменения напряжения при регулировании подачи отпайки на автотрансформаторе TV выбирают по регулировочным характеристикам вентиляторов ВО-5,6 и ВО-7.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

#### **3.1 Практическое занятие №1,2 ( 4 часа).**

**Тема: «Ионизация воздуха в птичниках»**

##### **3.1.1 Задание для работы:**

- 1. Электрические фильтры*
- 2. Электрические распылители*

##### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

В атмосфере земли, помимо нейтральных атомов и молекул, всегда содержатся ионы. Все ионы воздуха принято называть аэроионами. В природе аэроионы возникают в результате естественного радиоактивного излучения веществ, находящихся в воздухе и в почве, а так же под влиянием солнечной радиации. Ионы, которые возникают путём присоединения (или потери) электрона к атому или молекуле газа, называют лёгкими.

Соприкасаясь с твёрдыми или жидкими частицами, находящимися в воздухе, лёгкие ионы оседают на них, образуя тяжелые или средние аэроионы.

Количество ионов, находящихся в одном кубическом сантиметре воздуха называют концентрацией.

Установлено, что лёгкие отрицательные ионы в определённых дозах оказывают благоприятное влияние на людей и птицу, а тяжёлые ионы являются физически неблагоприятным фактором.

В то же время в птичниках ионный состав воздуха значительно отличается от естественного фона: в нём меньше лёгких и больше тяжёлых ионов. Концентрация тяжёлых отрицательных ионов в 5 ... 8 раз превышает их содержание в наружном воздухе. Длительное пребывание людей и птицы в таких помещениях приводит к «аэроионному голоданию», ослабить или исключить которое можно лишь искусственной ионизацией воздуха (аэроионизацией). Благодаря отрицательным ионам усиливаются окислительно-восстановительные процессы, увеличивается содержание гемоглобина в крови, повышаются защитные функции организма. Кроме биологического эффекта ионизация создаёт и гигиенический эффект,

закключающийся в очистке воздуха от пыли и микробов, уменьшении концентрации аммиака и углекислого газа.

Искусственная ионизация воздуха осуществляется при помощи специальных устройств, называемых генераторами ионов или ионизаторами. К ним предъявляют следующие требования: обеспечение заданной концентрации ионов; отсутствия генерации тяжёлых и положительных ионов; равномерное распределение ионов по помещению; безопасность обслуживания; снижение концентрации пыли и микробов.

Для аэроионизации можно использовать ионизаторы различных конструкций: радиоактивные термоэлектронные, ультрафиолетовые (лампы ДРТ), коронноразрядные и гидроионизаторы. Наиболее приемлемы коронноразрядные и при известных условиях гидроионизаторы.

Коронноразрядные ионизаторы позволяют получить высокую концентрацию ионов одного знака и весьма просты по конструкции.

Существуют два способа ионизации воздуха в птичниках: путём ионизации проточного воздуха и воздуха внутри птичника.

При ионизации проточного воздуха коронноразрядные ионизаторы размещают в воздуховодах проточной вентиляции. Поэтому при первом способе легко обеспечивается безопасность обслуживающего персонала. Вместе с тем при этом способе практически невозможно добиться равномерного распределения аэроионов по объёму помещения. При втором способе несколько проще равномерно распределить ионы, но труднее обеспечить электробезопасность. Коронноразрядные ионизаторы можно располагать как внутри, так и вне клеток.

Установка внутриклеточных ионизаторов требует меньшего напряжения, поэтому более безопасна. Вместе с тем монтаж ионизаторов внутри клеток более трудоёмок.

Первым коронноразрядным ионизатором явилась так называемая «люстра» А. Л. Чижевского, представляющая собой изоляционную плиту площадью 1 м (обычно деревянную), в которую вмонтирована 400 острый длиной 5 см, расположенных на расстояниях 5 см друг от друга. В качестве острый использованы обычные гвозди, электрически соединённые между собой. К такому электроду, подвешиваемому на изоляторах к потолку, подводят напряжение 50 ... 80 кВ.

Ввиду громоздкости и неравномерности распределения ионов эти люстры были вытеснены простыми в изготовлении проволочными коронирующими электродами, обеспечивающими равномерное распределение концентрации ионов в помещении при напольном содержании птицы или при использовании одноярусных клеточных батарей.

В птичниках с многоярусными клеточными батареями коронирующие электроды располагают горизонтально в середине каждого прохода между клеточными батареями. Высоту подвеса электродов принимают равной высоте батареи. Электроды могут быть как из нихромовой проволоки, так и игольчатые.

Игольчатый электрод представляет собой высоковольтный провод (например, типа ПВЛ --2) со швейными иглами, соединёнными с жилой провода путём протыкания его вместе с изоляцией. Коронирующие электроды подвешивают на высоковольтных изоляторах ОФ 10, прикреплённых на кронштейнах к колоннам и корпусам батареи.

Принципиальная схема аэроионизационной установки представлена на рис.4. Сетевое напряжение, регулируемое автотрансформатором АТ, подаётся на повышающий трансформатор Тр и выпрямляется высоковольтными диодами Д1 ... Д4 по мостовой схеме. Выпрямленное напряжение через гасящие резисторы Р1 ... Р7 подаётся на коронирующие электроды. Гасящие резисторы защищают персонал от поражения электрическим током, снижая ток короткого замыкания в случае прикосновения к коронирующей системе. Кроме того, подбором сопротивления резисторов можно обеспечить одинаковую концентрацию ионов в проходах разной ширины. В качестве гасящих применяют высоковольтные резисторы КЭВ сопротивлением от одного до нескольких ГОм (1 ГОм --10<sup>9</sup> Ом). Источником высоковольтного напряжения служит преобразователи типа ПВС -40-6 (40кВ, 6 мА).

Общая продолжительность двух сеансов от 0,5 до 8 часов в сутки, причём периоды ионизации чередуются с периодами отдыха.

Установку желательно включать в нерабочее время, используя программное управление от реле времени РВ.

Для обеспечения безопасности, помимо гасящих резисторов, применяют блокировки дверей, электрические замки, реле безопасности, которые срабатывают при появлении тока короткого замыкания, вызванного прикосновением человека к электродам.

В результате аэроионизации яйценоскость кур увеличивается на 3 ... 10%, причём большие цифры относятся к худшему зоотехническому фону. Оптимальная концентрация ионов 250 тыс/см<sup>3</sup>, хотя значительный эффект сохраняется в диапазоне 100 ... 500 тыс/см<sup>3</sup>. Одновременно на 20 ... 30% снижается концентрации пыли и микробов.

Имеются так же данные о том, что обработка кормов ионизированным воздухом или обработка их в электрическом поле коронного разряда, сопровождающаяся ионизацией воздуха, повышает их усвояемость птицей. С этой целью корм загружают на транспортную ленту, над которой на изоляторах укреплены коронирующие электроды.

### Электрические фильтры

Одним из главных направлений повышения производительности труда в птицеводстве являются дальнейшая концентрация производства, стремление к увеличению поголовья птицы в одном птичнике.

Однако это прогрессивное направление сдерживается из-за отсутствия совершенных санитарно-профилактических решений. Дело в том, что с повышением концентрации птицы в одном помещении увеличивается

опасность появления и развития инфекционных заболеваний и растёт материальный ущерб от этих заболеваний.

Причём инфекция распространяется преимущественно по воздуху, а её носителями являются находящиеся в воздухе пылинки. Таким образом, проблема ветеринарной защиты птицы смыкается с проблемой очистки воздуха.,

Помимо осаждения пыли непосредственно в помещении, существуют и другие способы очистки воздуха. Среди них важное место занимает фильтрация воздуха, т. е. его очистка путём продувания через фильтр.

Воздушные фильтры в птичниках можно ставить на входе помещения (для защиты птицы, находящейся в данном помещении от внешней инфекции), на выходе из него (для защиты птицы, находящейся в других помещениях, при появлении в данном очаге заболеваний) и внутри помещения (для обеспыливания воздуха путём его рециркуляции через фильтр). Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки, но оптимальным следует считать сочетание первого и третьего способов при одновременном использовании осаждения пыли внутри помещения. В последние годы в промышленности для очистки воздуха от пыли широко применяют электрофильтры, т. е. устройства, в которых заряженная пыль осаждается на электроды.

Современные электрофильтры двухзонные, т. е. имеют зону зарядки и зону осаждения. В первой зоне частица попадает в поле коронного разряда где они заряжаются потоком ионов. Вторая зона выполняется в виде однородного электростатического поля, электроды которого используются как осадительные: на них осаждается пыль противоположного знака. Коронирующие электроды выполнены в виде тонкой проволоки, к которой на определённом расстоянии припаяны иглы. К.п.д. такого фильтра не менее 93%, размер улавливаемых частиц порядка 1 мкм. Такие фильтры имеют малое аэродинамическое сопротивление, легко поддаются автоматизации.

### Электрические распылители

Одним из путей совершенствования лечебно-профилактических и ветеринарно-санитарных обработок птицы, дезинфекции и дезинсекции помещений является применение биологических и химических препаратов в аэрозольном состоянии.

При аэрозольной дезинфекции расходуется в 3 ... 5 раз меньше дезинфицирующих средств, снижается коррозия металла по сравнению с влажным методом. На предприятиях накоплен большой опыт аэрозольной дезинфекции не только птичников, но и инкубаторов. Аэрозольный метод оказался весьма эффективным при истреблении куриных клещей, пухопероедов и других насекомых.

Перспективным направлением использования аэрозолей является аэрогенная иммунизация птицы. Дело в том, что индивидуальное введение вакцины - • операция малопроизводительная, а в условиях современного

массового производства - практически не осуществимая. В этих условиях применима только массовая обработка птицы без участия человека, а она возможна лишь при аэрозольной обработке. Особенно эффективна аэрозольная вакцинация чумы, ларинготрахеита, пастереллеза. При аэрозольной вакцинации приведённая в аэрозольное состояние вакцина поступает в дыхательные органы птицы, всасывается в организм и вызывает его иммунобиологическую перестройку.

Значительный терапевтический эффект даёт ингаляция лекарственных препаратов. Характерно, что лечение пастереллеза аэрозолями тетраамицина оказалось более эффективным, нежели внутримышечное введение и дача препарата с кормом. Лечение аэрозолями, или, как его называют, аэрозольтерапия, оказалось лучшим средством при лечении ларинготрахеита и респираторных заболеваний.

Эффективность аэрозольных методов в ветеринарии резко повышается при использовании электрической зарядки аэрозолей. Так, при обработке птичников и инкубаторов дезинфицирующими растворами на стены осаждается около 5 ... 12% препарата, а на потолок и того меньше (0,005 ... 0,05%). В результате зарядки создаются электрические силы, действующие на аэрозольные частицы. Эти силы соизмеримы с силой тяжести, что создаёт возможность её преодоления и оседания частиц на потолке и стенах. Один из возможных вариантов распыления показан на рисунке 5а. Он имеет вращающийся диск 2 из фольгированного текстолита, металлическая часть которого соединена посредством контактов 1 с источником тока 6. Другой электрод 3, выполненный в виде кольца, установлен над диском 2. Распыливаемая жидкость подаётся на вращающийся диск по патрубку 4. Распыливающий диск и электроды заключены в корпус 5, по которому вентилятором (на чертеже не показан) может прогоняться воздух. Жидкость, поступающая через патрубок, заряжается контактным способом на поверхности диска-электрода и под действием центробежной силы распыливается в виде аэрозоля. Благодаря электрической зарядке в частицах жидкости возникают силы электростатического расталкивания (как известно, заряды одного знака отталкиваются), поверхностное натяжение жидкости уменьшается и полученные капли оказываются меньшими по диаметру. Дальнейшее уменьшение размеров капель и сокращение расхода химического препарата вакцины или лекарства достигается за счёт применения турбулизирующей сетки 7 (рис.5,6), выполняющей одновременно функции высоковольтного электрода. Она изолирована от корпуса 1 и подвешена на четырёх цилиндрических изоляторах 2 при помощи металлических шпилек 3. К тем же изоляторам прикреплены отражатели 6, которые вместе с турбулизирующей сеткой через клемму 5 соединены с отрицательным полюсом источника тока. Основным рабочим органом, как и в предыдущей конструкции, является диск 8, приводимый во вращение с частотой 8 000 мин<sup>-1</sup> двигателем 4. Для забора и подачи жидкости из резервуара 10 имеется конус 9.

Когда скорость диска достигает определённой величины, за счёт вентиляционного эффекта создаётся разрежение, распространяющееся в нижнюю часть заборного конуса. Благодаря этому разрежению и центробежной силе жидкость из рабочего резервуара поднимается на поверхность диска, перемещается к его периферии и срывается с него в виде капель, получая положительный заряд. Ударяясь о заряженную сетку, капли разбиваются на более мелкие, а крупные сепарируются. При соприкосновении потока воздуха частицы заряженного аэрозоля выбрасываются наружу в виде облака. Таким путём удаётся снизить размер капель до 3 мкм. Важно отметить, что заряженные капли лекарств и вакцины лучше осаждаются в легких и поэтому более эффективно усваиваются организмом.

### **УВЛАЖНЕНИЕ ВОЗДУХА В ПТИЧНИКАХ**

Известно, что влажность в цыплятниках в летний, а иногда и зимний период снижается до 40 и даже 30 %. Это вызывает разрушение слизистых оболочек, ухудшение аппетита и замедленное усвоение питательных веществ. Привесы резко снижаются. В связи с этим появляется необходимость в увлажнении воздуха. Для этой цели применяют, в частности, дисковые распылители. При частоте вращения 8 000 мин<sup>-1</sup> они создают капли размером порядка 100 мкм. Дальнейшее снижение размеров капель (до 50 мкм и ниже) достигается наложением электрического поля и зарядкой капель. Капли такого размера весьма быстро испаряются, понижая температуру воздуха. Часть капель коагулирует с пылинками, способствуя более быстрому их осаждению. Кроме того, при испарении капель образовавшиеся вначале тяжёлые ионы превращаются в лёгкие, что ведёт к ионизации воздуха и оказывает стимулирующее действие на птицу. Таким образом. Электростатическое распыление обеспечивает одновременное увлажнение с 30 до 60 %, обеспыливание с 14 ... 16 до 1 мг/м<sup>3</sup> и снижение температуры в помещении на несколько градусов. При этом достигается концентрация ионов порядка 100000 на 1 см<sup>3</sup>. Одновременно в 2 ... 3 раза снижается концентрация аммиака.

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА**

Для уменьшения теплотерь на обогрев птичника целесообразно использовать выбрасываемый из помещений тёплый воздух для обогрева поступающего в помещение холодного воздуха. Простейшая схема такого устройства дана на рисунке 6. Пусть приточный воздух поступает по внутренней трубе 5, а выбрасываемый по наружной трубе 2. Так как температура воздуха в наружной трубе выше, чем во внутренней то происходит обмен теплом и передача его приточному воздуху. Такая конструкция получила название теплообменника. Количество тепла, передаваемого от наружного воздуха к внутреннему в соответствии с формулой  $P = \alpha F (f_{\text{вн}} - f_{\text{нар}})$ , пропорционально коэффициенту теплоотдачи и площади поверхности границы двух сред..

Отсюда ясно, что повысить эффективность теплообменника можно путём увеличения площади  $F$  или коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ . Первый путь ведёт к значительному расходу металла. Одним из путей повышения коэффициента  $\alpha$  является создание в воздуховоде коронного разряда. Если, например, по оси внутренней трубы протянуть провод малого диаметра 4, закреплённый на изоляторах 7, и подвести к нему высокое напряжение, то при определённых напряжениях около поверхности провода возникнет коронный разряд, образуются ионы одного знака, которые при движении к электроду противоположной полярности создадут так называемый электрический ветер в направлении, перпендикулярном оси воздуховода. При этом происходит разрушение пограничного слоя, его турбулизация и как следствие усиление теплообмена, т. е. повышения  $\alpha$ . Чем выше напряжение, тем больше теплоотдача и тем эффективнее теплообменник. При напряжённости 3,3 кВ/см и скорости воздуха 9,8 м/с коэффициент теплоотдачи удалось повысить в 2,5 раза, а коэффициент эффективности теплообменника (% возвращенного тепла) поднять с 30 до 70 %.

Приведённые примеры использования электрических полей высокого напряжения говорят о перспективности применения электронно-ионной технологии в птицеводстве. Её внедрение зависит от того, как скоро промышленность обеспечит птицеводство дешёвыми и надёжными источниками высокого напряжения, генераторами ионов и аэрозолей.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Что называют электронно-ионной технологией? Как её применяют в птицеводстве?
2. Какие способы зарядки вы знаете? Как осуществляется зарядка частиц в поле коронного разряда?
3. Какие силы действуют на частицу в электрическом поле?
4. Для чего проводят ионизацию воздуха? Какие ионизаторы воздуха вы знаете?
5. Каково назначение гасящих резисторов в цепи источника высокого напряжения?
6. С какой целью используют электрические фильтры? Как устроен двухзонный электрофильтр?

### **3.2 Практическое занятие №3,4 ( 4 часа).**

**Тема: «Электрические источники оптического излучения»**

#### **3.1.1 Задание для работы:**

1. *Осветительные приборы*
2. *Основы расчета электрического освещения*

#### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Различают три системы освещения — общее, местное и комбинированное. Общее освещение предназначено для создания



надлежащих условий видения на всей освещаемой площади, включая и рабочие поверхности. Оно может быть равномерным или локализованным.

Общее равномерное освещение обеспечивает равномерное распределение освещенности заданного уровня по всей площади помещения и выполняется обычно светильниками одного типа и мощности, располагаемыми на одинаковой высоте.

Система общего локализованного освещения позволяет лучше, чем при равномерном освещении, осветить рабочие поверхности благодаря устранению теней от оборудования или от самого рабочего, обеспечить нужное направление светового потока. При этом потребляемая мощность установки, как правило, меньше, чем при общем равномерном освещении.

Местное освещение предназначено для создания надлежащего уровня освещенности только в пределах рабочей поверхности. Светильники местного освещения (стационарные или переносные) устанавливают обычно в непосредственной близости от рабочей поверхности. Местное освещение всегда дополняется общим. Устраивать только местное освещение запрещается.

Сочетание общего и местного освещения образует комбинированное освещение.

Различают два вида освещения — рабочее и аварийное. Рабочее освещение предназначено для создания нормальных условий видения в данном помещении. Оно, как правило, выполняется при помощи светильников общего освещения или общего и местного. Аварийное освещение предназначено для обеспечения продолжения работы или эвакуации людей при погасании рабочего освещения. Аварийное освещение для продолжения работы должно обеспечивать на рабочих местах, требующих обязательного обслуживания, освещенность не менее 5 % установленной для нормальных условий. Для такого аварийного освещения используют часть светильников рабочего освещения, подключаемых к резервному источнику электроснабжения.

Комплект, состоящий из источника света и осветительной арматуры, называется осветительным прибором, который применяют для рационального использования светового потока источника света. Осветительные приборы, перераспределяющие свет лампы внутри значительных телесных углов (до 4 я), называются светильниками. Проектор — прибор, перераспределяющий свет лампы внутри малых телесных углов.

Основные характеристики светильника — светораспределение, защитный угол и коэффициент полезного действия.

Кривые светораспределения приводятся в справочной литературе.

Для уменьшения слепящего действия светильников их конструируют с защитными углами. Защитный угол  $\rho$  характеризует зону, в пределах которой глаз наблюдателя защищен от прямого действия света\* лампы. Защитный угол заключен между горизонталью и линией, касательной к светящимся частям лампы и краю отражателя. Стандарты устанавливают наименьшее

значение защитного угла  $15^\circ$  для светильников с лампами накаливания и газоразрядными лампами.

Коэффициент полезного действия светильника определяется отношением светового потока светильника к световому потоку источника света.

В сельскохозяйственном производстве в зависимости от конкретных условий применяют светильники различных типов с лампами накаливания и люминесцентными лампами. Наиболее распространены следующие светильники.

Для установки на стенах и потолках животноводческих и птицеводческих помещений, в сараях и складских помещениях, а также на внешних стенах зданий и сооружений для освещения входов применяют светильник типа ПСХ-60М-УЗ

Он рассчитан на одну лампу накаливания мощностью 60 Вт при напряжении 220 В. КПД светильника 70 %. На пластмассовом корпусе светильника укреплены рефлектор и фарфоровый патрон. Лампа закрыта матированным стеклянным рассеивателем. Светильник имеет уплотнение по периметру рассеивателя.

Потолочный пыленепроницаемый светильник типа ПНП-2Х100-УЗ (рис. 71,6) предназначен для общего освещения сырых и пыльных производственных помещений, рассчитан на работу с двумя лампами накаливания мощностью до 100 Вт при напряжении 220 В, КПД светильника около 68 %. Светильник состоит из корпуса, рассеивателя, двух фарфоровых патронов и элементов крепления рассеивателя. Корпус светильника — штампованный из листовой стали, рассеиватель — из матированного стекла. Внутри корпуса на скобах укреплены патроны для ламп. Рассеиватель крепится к корпусу при помощи прижимного профилированного кольца с приваренными к нему по периметру лапками с проушинами. В кольцо укладывается уплотнительная резиновая прокладка, а затем вставляется рассеиватель.

Все вместе прижимается к корпусу лапками на прижимном кольце. При замене лампы прижимное кольцо с рассеивателем удерживается одним из прижимных винтов и лапкой, имеющей вместо проушины отверстие.

Светильник типа НСПОЗ-1Х60 предназначен для освещения производственных, животноводческих и птицеводческих помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью воздуха, превышающей 75 %. Исполнение полугерметическое, влагозащищенное.

Светильник рассчитан на работу с одной лампой накаливания мощностью 60 Вт при напряжении 220 В, КПД светильника 80 %

Светильник состоит из корпуса, головки с патроном и матированного изнутри защитного стекла, которое ввертывается в корпус снизу. Между корпусом и стеклом<sup>1</sup>, лом имеется уплотнительная прокладка, выполненная из термостойкой резины. Корпус и головка пластмассовые.

Ввод проводов осуществляется через сальниковое уплотнение. Светильник подвешивают на крюк при помощи серьги, имеющейся на головке.

Подвесные пыленепроницаемые светильники типа ППД-100-УЗ и ППД-200-УЗ предназначены для освещения производственных помещений (с повышенным содержанием пыли и с химически активной средой), пожароопасных и взрывоопасных помещений. Рассчитаны на работу с лампами накаливания мощностью 100 и 200 Вт при напряжении 200 В, КПД светильника 60 %.

Светильники состоят из корпуса со встроенным штепсельным разъемом, отражателя, защитного прозрачного стекла и фарфорового патрона. Герметизация внутреннего объема светильника осуществляется при помощи резиновой прокладки, надетой на бортик защитного стекла. Защитное стекло прижимается к корпусу кольцом с тремя кулачковыми зажимами. Корпус светильника и прижимное кольцо защитного стекла изготовлены из алюминиевого сплава, диффузный отражатель — из листовой стали, внутри покрыт белой силикатной эмалью, штепсельный разъем — из пластмассы. Светильники поставляют с легкоснимаемой защитной металлической сеткой и без нее.

Модификация светильников типа ППД-100-УЗ и ППД-200-УЗ — светильники типа ППР-100-УЗ и ППР-200-УЗ, которые отличаются отсутствием отражателя и имеют матированное или молочное защитное стекло.

Блочный светильник типа ЛСП-15 «Лада» с люминесцентными трубчатыми лампами низкого давления мощностью 40, 65 и 80 Вт, со стартерными схемами включения, предназначен для освещения сельскохозяйственных производственных помещений, в том числе животноводческих и птицеводческих. Светильник рассчитан на работу в сети с номинальным напряжением 220 В. Срок службы светильника 8... 10 лет.

Коробка-корпус блока, выполненная из фенопласта, допускает нагрев не более 110 °С и выдерживает воздействие химически активной среды.

Отличительная особенность новых светильников — блочная конструкция: концы лампы введены в блоки, представляющие собой пластмассовые корпуса небольшого объема, в которых располагаются пускорегулирующие аппараты (ПРА), конденсаторы, патроны для стартеров, стартеры и навесные патроны для ламп. Блоки соединяются между собой металлической профилированной оцинкованной планкой.

Светильник серии ЛСП-09-1Х40, с люминесцентными лампами общего назначения предназначен для освещения птичников с клеточным содержанием птицы. Он рассчитан для работы в сети трехфазного переменного тока с номинальным напряжением 380/220 В, частотой 50 Гц. КПД светильника не менее 70 %. Может работать с групповым балластом. Светильник присоединяют к питающей сети при помощи штепсельных разъемов. Ввод проводов выполняют через сальниковое уплотнение с торца

светильника. В светильнике устанавливают зеркальный отражатель и прозрачное защитное стекло.

Подвесной, или потолочный, светильник типа ПВЛМ- 2Х40 предназначен для общего освещения производственных помещений с повышенным содержанием пыли и относительной влажностью воздуха до 98% и при наличии агрессивных газов. Рассчитан на работу с одной или двумя люминесцентными лампами типа ЛБР мощностью 40 или 80 Вт в сети напряжением 220 В. КПД светильника 96%. Одноламповый светильник выпускают без экранирующих решеток, двухламповый—с решетками и без них.

Светильник состоит из корпуса, панели, экранирующей решетки и узлов подвеса. В корпусе установлена розетка штепсельного разъема, предназначенная для присоединения светильника к магистральным проводам без их разрезания. Ввод проводов осуществляется через сальник с уплотнением. На съемной панели размещены пускорегулирующая аппаратура для бесстартерного зажигания ламп и пылевлагозащищенные ламподержатели, позволяющие поворачивать лампы вокруг оси и фиксировать их положение.

Съемная экранирующая решетка может откидываться по торцевой стороне светильника на петлях и закрепляется пружинным фиксатором. Подвесное устройство позволяет укреплять светильник непосредственно на потолке, а также подвешивать его на штангах или трубах.

Светильники устанавливают индивидуально или стыкуют в сплошную линию при помощи резьбовых патрубков, через которые проходят питающие провода. Основные детали изготовлены из листовой стали штамповкой, и покрыты внутри белой нитроэмалью.

Для наружного освещения применяют следующие светильники. Светильник типа СПО-200-1-У1 предназначен для освещения улиц при боковом и центровом подвесе. Рассчитан на работу с одной лампой накаливания мощностью 150...200 Вт на напряжение 220 В при температуре окружающей среды от —35 до + 35°С, КПД светильника 70%. Корпус светильника отлит из чугуна или отштампован из листовой стали. К нему крепят рефлектор-отражатель и стеклянный преломитель. Поверхность рефлектора покрыта белой силикатной эмалью. Фокусировку светильника выполняют перемещением угольника, на котором установлен патрон. Угольник винтами прижимается к корпусу. Подвешивают светильник за планку, привинченную сверху к корпусу винтами. Подключают светильник к сети проводами, выведенными через отверстия в корпусе. Светильник имеет широкое симметричное светораспределение.

Светильник типа ИСУ 01Х2000-К63-01 предназначен для освещения больших площадок, выгульных дворов, зерновых токов и т. п. Рассчитан на применение кварцево-галогенной лампы типа КГ220-2000-4 мощностью 2000 Вт. Питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В. Светильник состоит из литого алюминиевого корпуса, отражателя, плотно прилегающих к корпусу двух отражающих боковых вставок-стенок. Закрывает

закаленным стеклом, вставленным в литую раму с уплотнительной прокладкой из термостойкой резины, КПД светильника не менее 60%.

Светильник типа РКУ-02 предназначен для освещения улиц, дорог, площадей и проездов. Рассчитан для работы с лампами типа ДРЛ мощностью 125, 250 и 400 Вт. Питание от сети переменного тока напряжением 220 В, КПД светильника не менее 65 %. Светильники устанавливаются на Г-образной опоре. Они имеют широкое симметричное боковое светораспределение.

### Основы расчета электрического освещения

Задача расчета электрического освещения — определение числа и мощности светильников, необходимых для обеспечения заданного значения освещенности.

Все применяемые способы расчета освещенности основаны на двух формулах, связывающих освещенность с характеристиками светильников ламп и помещения

Метод, основанный на первой формуле, носит название метода коэффициента использования. Он позволяет обеспечить среднюю освещенность горизонтальной поверхности с учетом всех падающих на нее световых потоков, как прямых, так и отраженных. Этот метод используют для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей, а также для расчета наружного освещения.

Метод, основанный на второй формуле, — точечный метод, позволяет обеспечить заданное распределение освещенности на как угодно расположенных поверхностях.

Следующий самый простой метод расчета электрического освещения — метод удельной мощности. Удельная мощность осветительной установки представляет собой частное от деления общей установленной мощности светильников на площадь освещаемого помещения  $R_{уд} = P_{уст}/F$ . Значение потребной удельной мощности для обеспечения заданного уровня освещенности зависит от типа и мощности ламп, типа светильников, от характеристики освещаемого помещения, коэффициента запаса. На основе анализа влияния этих факторов составлены таблицы значений  $R_{уд}$  осветительных установок, выполненных на базе стандартных светильников с различными источниками света.

В этих таблицах значения  $R_{уд}$  даны в зависимости от уровня нормированной освещенности, площади освещаемой поверхности и расчетной высоты подвеса светильников с учетом коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности и при определенном коэффициенте запаса. Отношение расстояния между светильниками к высоте их подвеса  $L/h$  принимается близким к оптимальному. При составлении таблиц принято считать, что напряжение сети 220 В. При иных, чем указано в таблицах, напряжениях и коэффициентах запаса значения  $R_{уд}$  должны быть пересчитаны.

При использовании метода удельной мощности на плане помещения размещают рациональным образом светильники и определяют их число. Затем на основании данных о характере помещения и типе светильников по справочным таблицам находят значение удельной мощности  $P_{уд}$ .

Подставляя в формулу значения площади помещения  $F$ ,  $m^2$ ; удельной мощности  $P_{уд}$ ,  $Вт/м^2$ ; число светильников  $n$ , определяют мощность одного светильника и выбирают светильник с источником света равной или ближайшей большей мощности.

$$P = \frac{P_{уд} F}{n}$$

Метод удельной мощности — приближенный, и применяют его только для расчета общего равномерного освещения.

Значение удельной мощности — важный энергетический показатель осветительной установки, его используют для оценки экономичности принятых решений. Таблицами удельной мощности пользуются при ориентировочных расчетах с целью учесть осветительную нагрузку, например, при выборе мощности трансформаторной подстанции, а также для оценки результатов выполненных светотехнических расчетов другими методами.

### **3.3 Практическое занятие № 5,6 ( 4 часа).**

#### **Тема: «Источники ультрафиолетового излучения»**

##### **3.1.1 Задание для работы:**

1. Установки для ультрафиолетового облучения животных и птицы
2. Установки для инфракрасного облучения

##### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Мощные источники ультрафиолетового излучения — дуговые ртутные трубчатые лампы высокого давления (ДРТ). Устройство лампы ДРТ показано на рисунке. Трубчатая колба выполнена из тугоплавкого кварцевого стекла, которое хорошо пропускает ультрафиолетовое излучение. В торцы колбы впаяны вольфрамовые активированные самокалящиеся электроды. Колба заполнена аргоном и дозированным количеством ртути. Для крепления лампы к арматуре служат металлические держатели, между которыми расположена лента из медной фольги, предназначенная для облегчения зажигания разряда внутри лампы.

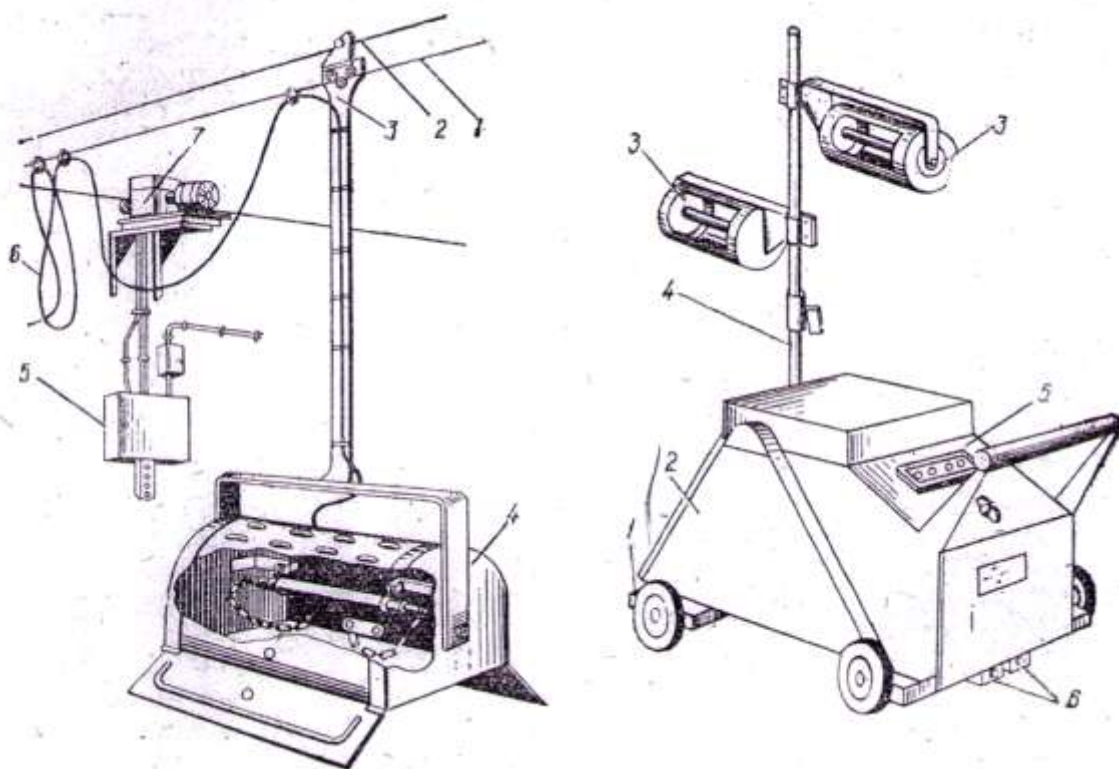
Лампа ДРТ включается в сеть последовательно с дросселем  $LL$ , который ограничивает ток и стабилизирует разряд в лампе. Кнопка  $SB$  и конденсатор  $C1$ , включенные параллельно лампе, служат для получения зажигающего импульса высокого напряжения за счет взаимодействия дросселя и конденсатора  $CL$ .

После загорания в течение 5...10 мин лампа разогревается, давление в ней увеличивается и по оси трубки образуется ярко светящийся шнур разряда с температурой 6000.. .8000 К, при этом изменяются электрические и светотехнические характеристики лампы.

Повторное зажигание лампы после ее погасания возможно лишь спустя 5...10 мин, когда она достаточно остынет. Наиболее распространенные лампы ДРТ выпускают мощностью 230, 400 и 1000 Вт, у которых срок службы более 1500 ч.

Лампы ДРТ также используют в передвижных облучательных установках для восполнения УФ-недостаточности у животных и птицы и в установках для предпосевной обработки семенного материала в полеводстве.

К концу срока службы поток излучения ламп ДРТ уменьшается вдвое. При отклонении напряжения сети от номинального значения на 1 % эритемный поток ламп ДРТ изменяется на 4 %.



Эритемный облучатель ЭО1-30М предназначен для ультрафиолетового облучения сельскохозяйственных животных. Он состоит из корпуса-отражателя 3, эритемной лампы ЛЭЗО-1 2, защищенной металлической сеткой 1, пускорегулирующей аппаратуры и двух подвесок для крепления 4. Облучатель выпускают в пыле- влагозащитном исполнении.

Эритемные облучатели типа ОЭ-1 и ОЭ-2 по назначению и устройству аналогичны облучателю ЭО1-30М. Отличаются конструктивным исполнением: облучатель ОЭ-1 выпускают в обычном исполнении, ОЭ-2 — в пыле- влагозащищенном.

Облучатель ртутно-кварцевый (ОРК-2) предназначен для облучения небольших групп животных, птиц и инкубационных яиц с целью профилактического и лечебного воздействия. Он имеет отражатель и лампу ДРТ-300, которые соединяют кабелем (длиной 15 м) с пускорегулирующим устройством. Люминофор имеет специальный состав, который нанесен на

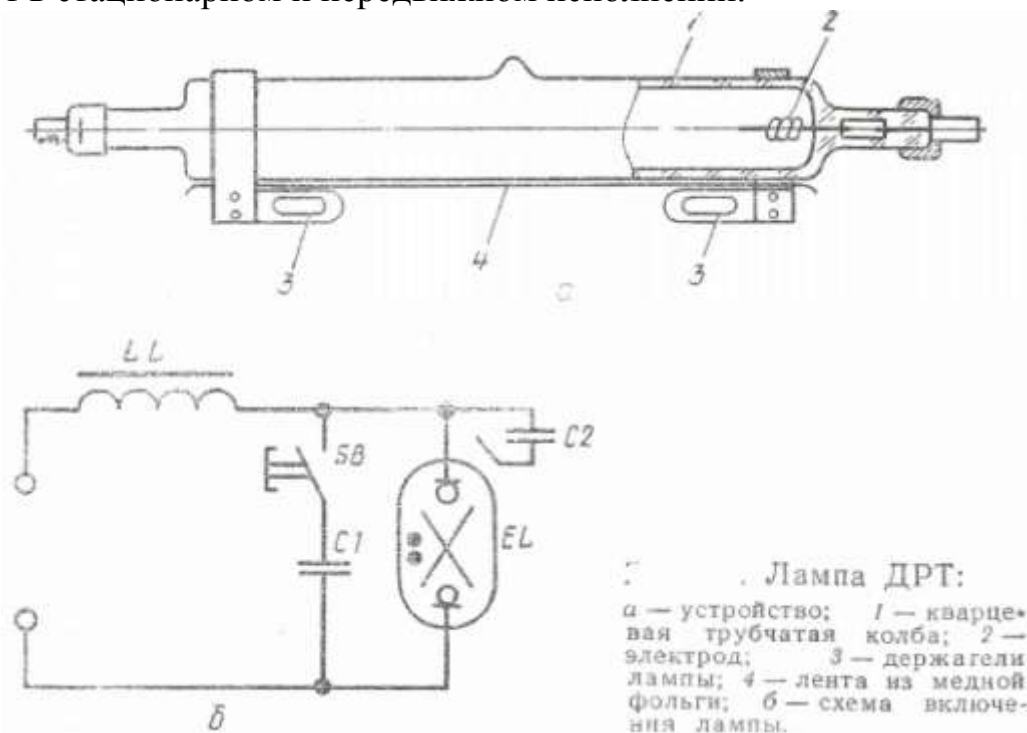
внутреннюю поверхность колбы, позволяет получить нужный поток ультрафиолетового излучения.

В спектре эритемных ламп полностью отсутствует излучение области УФ — С, на излучение УФ — В приходится 37 %, на излучение УФ — А — 33 %, а на долю видимого излучения — 30 % энергии излучения ламп.

Эритемные лампы типа ЛЭР (рефлекторные) предназначены для использования в помещениях с повышенной запыленностью. Под слоем люминофора они имеют отражающий слой, направляющий поток излучения в сторону продольного выходного окна, составляющего треть поверхности лампы. К концу срока службы эритемных ламп поток излучения уменьшается до 60 % за счет уменьшения свечения люминофора и потери прозрачности колбы под действием ультрафиолетового излучения.

### Установки для ультрафиолетового облучения животных и птицы

Установки для ультрафиолетового облучения животных и птицы выпускают в стационарном и передвижном исполнении.



Газоразрядные источники ультрафиолетового излучения низкого давления — лампы типа ДБ, ЛЭ и ЛЭР.

Для получения излучения области УФ — С, оказывающего губительное действие на микроорганизмы, используют дуговые газоразрядные (бактерицидные) лампы низкого давления типа ДБ.

Бактерицидные лампы ДБ отличаются от люминесцентных осветительных ламп такой же мощности отсутствием люминофора и свойствами специального увио- левого стекла колбы, обладающего высоким коэффициентом пропускания для излучения области УФ — С. Схемы включения ламп ДБ не отличаются от схем включения люминесцентных



осветительных ламп. Спектр излучения ламп—линейчатый, причем до 80% потока излучения приходится на излучение с длиной волны 254 нм.

Для получения излучения области УФ — В, оказывающего антирахитное и эритемное действие на животных и человека, и излучения области УФ—А, возбуждающего свечение объектов исследования методами люминесцентного анализа, используют люминесцентные эритемные лампы типа ЛЭ. Эти лампы внешне ничем не отличаются от люминесцентных осветительных ламп такой же мощности, но имеют колбу из увиолевого стекла.

Для обеззараживания воздуха в животноводческих помещениях ультрафиолетовым излучением применяют установки ОБУ-2-ЗОМ. Этот облучатель имеет отражатель, покрытый специальной краской, и бактерицидную лампу ДБ 30. Облучатель подвешивают к потолку или укрепляют на стене помещения.

Ультрафиолетовое излучение также используется для обеззараживания воды, животноводческих стоков, для пастеризации молока, стерилизации посуды и тары.

Обработка семенного материала ультрафиолетовым излучением в оптимальных дозах оказывает благоприятное действие на его качества (всхожесть, энергия прорастания) и в итоге на сроки созревания и урожайность.

При облучении семян сахарной свеклы урожайность возрастает на 7. .9%, при этом содержание сахара увеличивается на 15. . 19 %. Увеличиваются урожаи кормовой моркови, выращенной из семян, обработанных ультрафиолетовым излучением. Семенное зерно после облучения имеет на 3. . 5 % более высокую всхожесть и на 10. .15% большую энергию прорастания. Облученные семена дают более ранние и дружные всходы, срок созревания урожая сокращается на 2. . 3 дня.

Для обработки семенного материала также применяют облучательную установку УОЗ-2. Зерно из бункера 2 перемещается по вибрирующему лотку 5 в течение 55. . 60 с под девятью лампами ДРТ-1000 1. Лоток длиной 6 м и шириной 0,9 м приводится в действие электродвигателем 0,6 кВт. Под первой секцией лотка размещается пылеотсос 3 с воздухопроводом и вентилятором 4, приводимым во вращение электродвигателем мощностью 0,25 кВт. Дуговые ртутные лампы размещены на высоте 0,65 м над транспортером в коробчатом кожухе-отражателе и включены через регулируемые активные балластные сопротивления. Мощность установки 16 кВт, производительность 1, . 1,5 т/ч.

С помощью ультрафиолетовых источников излучения можно повысить эффективность работы светоловушек вредных насекомых. При этом вместо обычных источников света в ловушках устанавливают ультрафиолетовые лампы типа ЛЭ, ДБ или ДРТ.

Установки для инфракрасного облучения

Инфракрасное излучение используется во многих технологических процессах сельскохозяйственного производства для обогрева молодняка животных и птицы, сушки сельскохозяйственных продуктов и др.

Источники инфракрасных излучений принято делить по спектральному составу на светлые и темные.

Светлые источники инфракрасных излучений конструкцией и принципом действия не отличаются от ламп накаливания. Однако их нить накала рассчитана на меньшую, чем в осветительных лампах, температуру ( $T = 2270 \dots 2770 \text{ К}$ ).

Промышленность выпускает инфракрасные зеркальные лампы типа ИК3220-500, И КЗ 220-250 и инфракрасные кварцевые галогенные лампы КГ220-1000-1, Часть колбы этих ламп изнутри покрыта слоем алюминия или серебра, что обеспечивает концентрацию излучения в нужном направлении. Колба ламп типа ИКЗ покрыта красным термостойким лаком, несколько уменьшающим световой поток ламп, но уменьшающим явление каннибализма у животных и птицы. Пониженная температура нити накала инфракрасных ламп способствует увеличению срока их службы до 5000 ч.

Темные излучатели изготавливают в виде трубчатых электронагревательных элементов (ТЭНов).

Темные излучатели применяют в специальной арматуре, которая служит для перераспределения, потока излучения в пространстве и для защиты нагревательного элемента от механических повреждений и прикосновения обслуживающего персонала.

Для инфракрасного облучения сельскохозяйственных животных и птицы применяются следующие облучатели.

Инфракрасный облучатель ССПО1-250 состоит, из пластмассового корпуса, лампы ИК3220-250 и эмалированного защитного кожуха с сеткой, предохраняющей лампу от механических повреждений.

Инфракрасные облучатели ОРИ-1 и ОРИ-2 представляют собой конический корпус из листовой стали. Сверху облучателя под пластмассовым колпаком расположен фарфоровый патрон Е40. Облучатель ОРИ-1 выпускают с инфракрасной лампой мощностью 500 Вт, ОРИ-2 предназначен для инфракрасных ламп типа ПС-70/Е-11010-375.

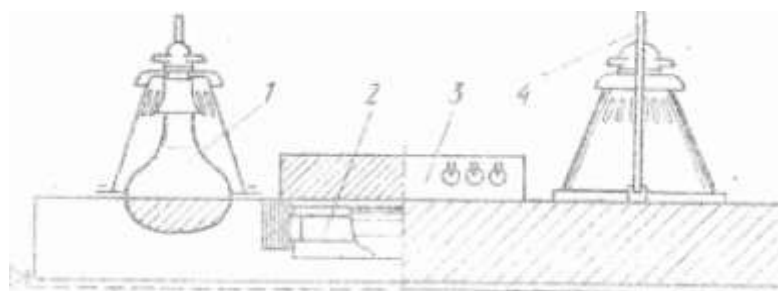
Облучатель ОВИ-1 предназначен для ламп типа И КЗ 220-250-1 и ИК3220-250.

Подвесной облучатель «ЛатВИКО» с галогенной лампой КГ220-1000-1 крепят к натянутому тросу проволокой за проушины корпуса. Корпус облучателя имеет коробчатую форму, изготовлен из оцинкованной жести. Снизу лампа защищена металлической сеткой.

Стационарные автоматизированные установки типа ИКУФ и «Луч» предназначены для одновременного инфракрасного и ультрафиолетового облучения молодняка животных и птицы. Установки имеют, как правило, 40 облучателей и пульт управления. Каждый облучатель содержит две лампы ИК3220-250 и одну эритемную ЛЭ15 или эритемно-осветительную ЛЭ015.

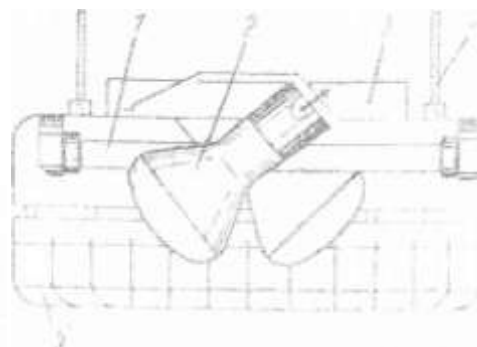
Облучатели установок ИКУФ-1 и ИКУФ-1М аналогичны. Отличие состоит в том, что в установке ИКУФ-1М облучатель имеет герметичное исполнение и на нем нет переключателей, предназначенных для индивидуального управления инфракрасным обогревом и ультрафиолетовым облучением молодняка.

Пульт управления установок типа ИКУФ состоит из трансформатора 220/127 В, автоматических выключателей, магнитных пускателей и реле времени 2РВМ. На лицевой панели пульта расположены переключатель рода работ, кнопки включения и отключения ламп, сигнальные лампы.



Конструкция облучателя установки ИКУФ-1:

1 — инфракрасная лампа; 2 — эритемная лампа; 3 — кожух пускорегулирующей аппаратуры с переключателями; 4 — подвеска; 5 — защитная решетка.



Конструкция облучателя установки «Луч»:

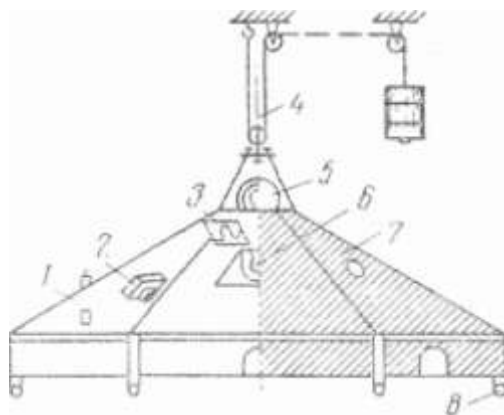
1 — эритемная лампа; 2 — инфракрасная лампа; 3 — кожух пускорегулирующей аппаратуры; 4 — подвеска; 5 — защитная решетка.

Облучатель «Луч» : имеет уплотненное исполнение патронов эритемной лампы, а патроны инфракрасных ламп могут быть установлены под различными углами к вертикали для получения требуемого распределения инфракрасного излучения по облучаемой поверхности. В схеме управления этого облучателя имеется регулятор для изменения напряжения питания инфракрасных ламп.

Эффективность применения инфракрасного излучения в значительной мере зависит от режима облучения. Так, для облучения поросят необходимо в свиарниках-маточниках создавать два температурных режима: один для подсосных маток, другой для поросят-сосунов. Поросят в подсосный период следует облучать в зоне их отдыха при помощи облучателей ОРИ-2, ССПО1-250. Облучатели установок ИКУФ, «Луч», ОРИ-1, «ЛатВИКО» используют для облучения двух смежных станков, размещая их над перегородкой. Если в помещении отсутствует система общего обогрева, то облучатели установок

ИКУФ, «Луч» размещают по одному на каждое станко-место. При температуре воздуха в животноводческом помещении более 16°C инфракрасные лампы облучателей ИКУФ переключают на последовательное соединение,

Для облучения телят наиболее целесообразно применять облучательные установки ИКУФ и «Луч». При содержании телят в клетках один облучатель используют для облучения двух животных в смежных клетках. При групповом содержании телят оборудуют обогреваемую площадку из расчета один облучатель на 4 м<sup>2</sup>. Режим облучения телят— прерывистый с выключением на 30 мин через 1 ... 1,5 ч работы установки. В первые 2... 3 дня жизни, когда телята много лежат, высота подвеса облучателей 0,5... 0,6 м, потом ее увеличивают до 1,2 м.



Для обсушивания и обогрева телят в первые часы жизни используют переносный облучатель с лампой ИКЗК220-250, закрепленной на ограждении станка.

Для облучения молодняка птицы используют инфракрасные лампы только с окрашенной колбой. Одной лампой мощностью 250 Вт можно облучить 100... 120 цыплят, 60 ... 80 индюшат, гусят или утят. Наиболее эффективны автоматизированные установки ИКУФ и «Луч», которые, будучи попарно укреплены на прямоугольной несущей раме, могут использоваться вместо брудеров. При размещении птицы в одноярусных клеточных батареях облучатели располагают стационарно на высоте 0,6 ... 0,7 м от пола клетки. Молодняк птицы обогревают до 20 ... 30-дневного возраста. Режим облучения непрерывный.

При выращивании цыплят для их обогрева применяют электрический брудер типа БП-1

Основные узлы брудера: зонт, обогреватель, подвеска, температурное реле. Зонт и обогреватель изготовлены из оцинкованной стали.

Зонт брудера пирамидальной формы, состоит из шести секций, соединенных винтами. Две секции имеют круглые окна с откидными крышками для обеспечения воздухообмена под брудером. Сверху секции соединены с крышкой.

Обогреватель представляет собой конус, к которому крепят четыре нагревательных элемента, электроцатроны с лампочками освещения красного и синего цвета и металлоулавливающее температурное реле. Полость между конусом и крышкой заполнена термоизоляционным материалом (шлаковатой). Нагреватели, устанавливаемые на конус, бывают двух видов. Первый представляет собой спираль из нихромовой проволоки, уложенную в пазы керамического корпуса и закрытую ограждением. Второй — трубчатый электронагреватель.

Подвешивают брудеры вдоль птичника равномерно над полом. В помещении шириной 18 м брудеры подвешивают в три линии, при ширине 12 м — в две.

Каждый брудер предназначен для обогрева 500.., 600 цыплят в возрасте от одного до 30 дней. Номинальная мощность брудера 1200 Вт. Питание брудера осуществляется от однофазной сети напряжением 220 В через штепсельное соединение с заземляющим проводом.

Под брудером установлено температурное реле с мембранным датчиком, которое автоматически поддерживает заданный тепловой режим в пределах от 24 до 38 °С с точностью  $\pm 1$  °С. Настраивают и регулируют температуру под брудером по контрольному термометру, установленному рядом с регулировочной ручкой температурного реле. Температуру устанавливают в зависимости от возраста цыплят.

В рабочем положении брудер стоит на стойках на полу, и цыплята могут располагаться под ним, как под зонтом, и вокруг него. Если цыплята не требуют обогрева, брудеры поднимают на высоту, обеспечивающую свободный проход под ними.

Инфракрасное излучение также применяют для сушки зерна, так как оно значительно быстрее прогревает на определенную глубину зерно, чем при контактном или конвективном способе нагрева.

Дезинсекция инфракрасным излучением — эффективный метод обеззараживания зерна различных культур (овса, пшеницы, ржи, проса, кукурузы, гороха).

Инфракрасное излучение оказывает селективное действие на семена, микрофлору и насекомых-вредителей, которые имеют различные спектры поглощения. Облучение почти полностью уничтожает вредную микрофлору на поверхности семян.

Сушка овощей и фруктов инфракрасным излучением позволяет получить сухие продукты со сниженными массой и объемом, с почти полным сохранением питательных веществ, витаминов, вкуса, цвета и аромата.

Инфракрасное излучение применяют для пастеризаций молока. При этом значительно сокращается время пастеризации, после чего молоко может храниться при температуре 5°С в течение 8... 10 суток.

## ИЗМЕРЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫ ИЗЛУЧЕНИИ

Использование ультрафиолетовых излучений связано с необходимостью контроля источников излучения, облученностей и количеств облучения (доз) с помощью специальных приборов. Такие измерения необходимы в связи с значительным разбросом излучательных характеристик, производящихся в настоящее время источников ультрафиолетового излучения, со старением их и изменениями характеристик излучений в зависимости от напряжения сети и других конкретных условий работы.

Для измерений ультрафиолетовых излучений предложено много различных методов и приборов. Наиболее удобными для сельскохозяйственных условий являются фотоэлектрические приборы.

Поскольку наиболее интересными и специфичными для сельскохозяйственных условий являются измерения в приведенных единицах (бактерицидных, эригемных, антирахитных), то требуется точное совпадение кривой спектральной чувствительности прибора с соответствующей кривой биологического действия. Осуществление этого требования в приборах встречает значительные трудности, а в более простых, дешевых и доступных приборах это<sup>1</sup> требование удовлетворяется лишь приблизительно. В этих случаях необходимо иметь градуировочные кривые или поправочные коэффициенты к различным типам источников ультрафиолетовых излучений.

Ниже приводится краткое описание некоторых приборов.

Бактметр ГОИ (Государственного оптического института), служит для непосредственных измерений бактерицидной облученности. Схема прибора показана на рисунке. Сложный бактерицидный поток проходит через светофильтр УФС-1, задерживающий видимые лучи, и возбуждает свечение люминофора—силиката цинка. Видимое свечение люминофора проходит через положенные ниже люминофора стеклянные светофильтры ОС-8 и СЗС-9 и попадает - на селеновый фото-элемент. Кривая чувствительности люминофора подобна кривой бактерицидного действия, поэтому ток фотоэлемента, измеряемый гальванометром, оказывается пропорциональным бактерицидной облученности. Прибор градуируют в микробактах на  $1 \text{ м}^2$ .

Аналогично бактметру ГОИ могут быть построены приборы для измерений в соответствии с другими кривыми биологического действия. Недостаток приборов этого типа— необходимость в высокочувствительном гальванометре и высокая стоимость.

Для измерений, связанных с контролем работы облучающих установок, более перспективными являются приборы, использующие фотоэлементы с поверхностным фотоэффектом и, в частности, использующие вакуумные фотоэлементы с магниевым катодом в колбе увиолевого стекла. Длинноволновая граница такого фотоэлемента лежит около 320—340 *ммк*, поэтому приближенное выделение эритемной области излучений возможно

путем наложения на фотоэлемент светофильтра БС-3, отсекающего коротковолновые излучения. Ток магниевого фотоэлемента в зависимости от облученности может иметь порядок величин от  $1 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-11}$  а.

Большие величины имеют место при облучениях кварцевыми лампами с малых расстояний, а меньшие при облучениях относительно маломощными лампами типа ЭУВ-15. Непосредственное измерение фототоков малых величин требует высокочувствительных приборов, неудобных для использования в сельскохозяйственных условиях. Поэтому портативные приборы для измерений ультрафиолетовых лучей строят обычно по специальным схемам.

#### **3.4 Практическое занятие № 7 ( 2 часа).**

**Тема: «Элементы автоматики »**

##### **3.1.1 Задание для работы:**

1. Термоэлектрический и терморезисторный метод измерения температуры.
2. Пирометры.

##### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

#### **1. Термоэлектрический и терморезисторный метод измерения температуры**

Приборы, предназначенные для измерения температуры, называются *термометрами*. Разновидностями термометров являются пирометры, принцип действия которых основан на измерении электромагнитного излучения нагретых тел.

И настоящее время для построения термометров наибольшее распространение получили термоэлектрический и терморезисторный методы, а также метод, основанный на тепловом излучении нагретых тел.

Термоэлектрический метод измерения температуры основан на возникновении термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в цепи, составленной из двух разнородных проводников, при неравенстве температур в местах соединения концов проводников. Первичный преобразователь - *термопара*.

В приборе прямого преобразования (рис. 1) ЭДС термопары  $e$  преобразуется в силу тока  $I$ , а затем формируется вращающий момент  $M$  как результат взаимодействия тока в рамке с полем постоянного магнита. Этот момент уравнивается упругим моментом пружины, в результате чего на выходе получается сигнал  $\varphi$ .

В схеме уравнивающего преобразователя (рис. 2) уравнивание ЭДС термопары осуществляется за счет сигнала с мостовой схемы, управляемой двигателем Д.

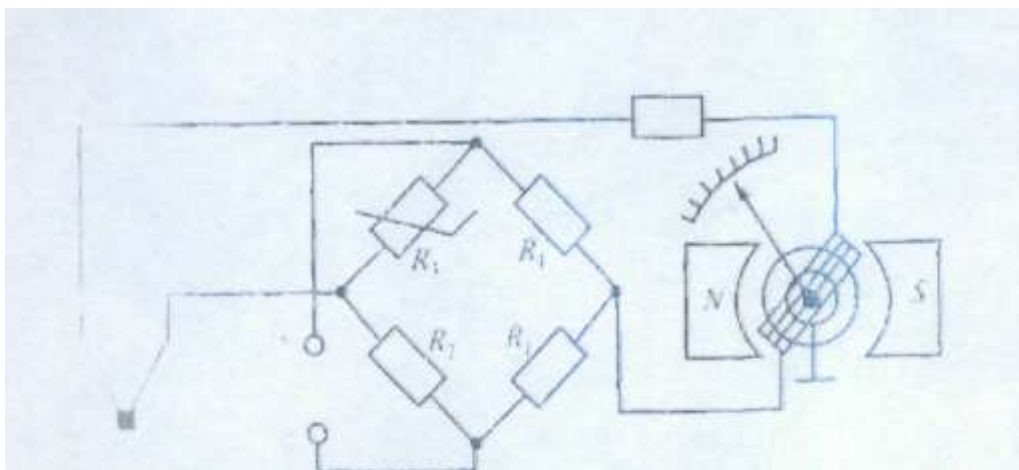


Рис 1. Измерение температуры прибором прямого преобразования на базе мостовой схемы.

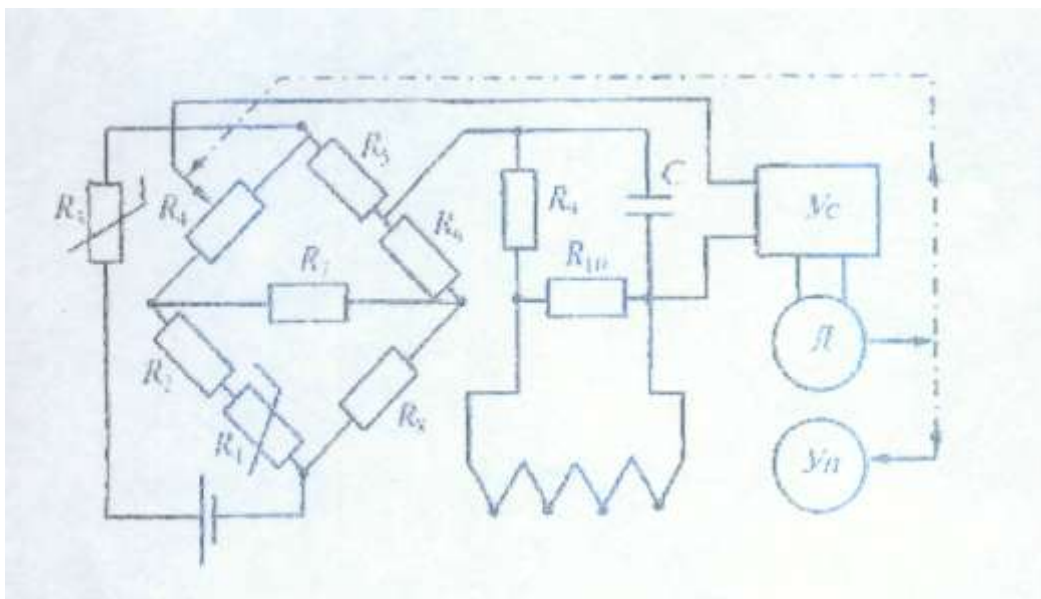


Рис 2. Измерение температуры в схеме уравнивающего преобразователя.

В качестве вторичных приборов, работающих в комплекте с термоэлектрическими преобразователями, применяются милливольтметры, автоматические потенциометры со шкалой, отградуированной в градусах.

В качестве материалов для изготовления термоэлектродов применяются вольфрам, рений, платина, платинородий, хромель, копель, медь. Промышленностью выпускаются термоэлектрические преобразователи вольфрамо-рениевые (ТВР), платинородий-платиновые (ТПП), платинородиевые (ТПР), хромель-алюмелевые (ТХА), хромель-копелевые (ТХК), медь-копелевые (ТМК).

На защитной арматуре термоэлектрического преобразователя и на шкале измерительного прибора указывается обозначение номинальной статической характеристики преобразователя.

Преимущества: точность измерений, легкость передачи сигнала на расстояние и его обработки. Недостатки: электроды термопары защищаются чехлом, частично заключенным в стальной трубе, и в зону высоких температур вносится только наконечник, который стальной трубой не



защищается, из-за наличия фарфорового чехла термопара имеет большую инерционность (несколько минут) и не выдерживает резких колебаний измеряемой температуры, не рекомендуется быстро вносить термопару в зону с высокой температурой; высокая стоимость и сложность вторичного элемента.

Предельная температура измеряемая этим методом, достигает 2500°C при временном применении с помощью термопары ТВР.

Принцип действия термопреобразователей сопротивления основан на свойстве металлических проводников изменять электрическое сопротивление при изменении температуры. Эти термометры строятся на принципе прямого (рис. 3) и уравнивающего преобразования (рис. 4).

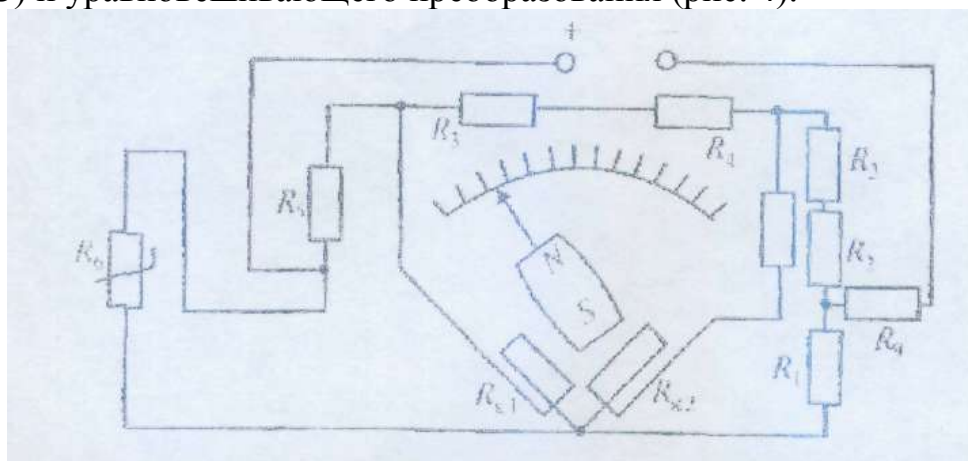


Рис 3. Измерение температуры с помощью термосопротивления и логометра.

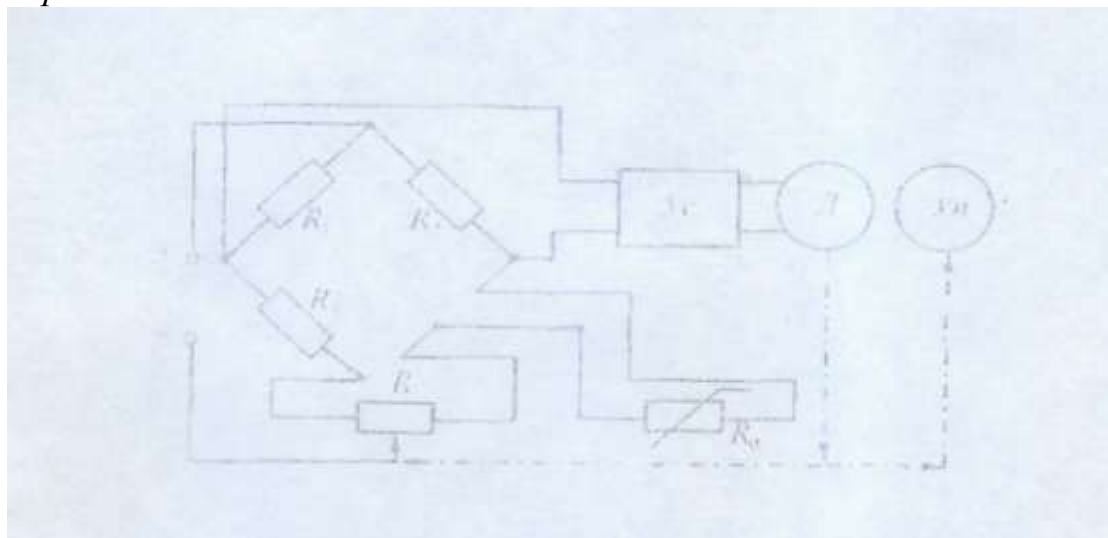


Рис 4. Схема термометра уравнивающего преобразования.

Наиболее пригодными материалами для изготовления термометров по своим физико-химическим свойствам являются медь, платина, никель. Для медных и платиновых проводников зависимость изменения сопротивления от температуры выражается формулой:

$$R_t = R^0(1 + \alpha \cdot t),$$

где  $R_t$  сопротивление при температуре  $t$ ;  $R_0$  сопротивление при температуре  $0^\circ\text{C}$ ;  $\alpha$  - температурный коэффициент (для платины -0,00394, для меди -0,004).

Платиновые термосопротивления предназначены для измерения температур от  $-260$  до  $1100^\circ\text{C}$ , они выпускаются с номинальным сопротивлением чувствительного элемента: 1, 10, 50, 100 и 500 Ом (табл. 1) Выпускаются термопреобразователи сопротивления с монтажной длиной 60-3200 мм. Монтажную длину  $l$  выбирают в зависимости от места установки термопреобразователя.

Медные термопреобразователи сопротивления (ТСМ) применяются для длительного измерения температуры от  $-200$  до  $200^\circ\text{C}$  Номинальные сопротивления чувствительного элемента  $R_0$  составляют 10, 50, 100 Ом (см. табл.). Эти элементы выполняются в виде проволоки диаметром 0,1 мм, намотанной безындукционной намоткой на цилиндрический каркас из пластмассы и герметизированной слоем лака.

Таблица 1

Тип	Нормативное значение сопротивления при $0^\circ\text{C}$ , Ом	Условное обозначение номинальной статической характеристики		Диапазон измеряемых температур, $^\circ\text{C}$
		в РФ	Международн	
ТСП	1	1 П	Pt 1	0...1100
	10	10 П	Pt 10	-200..
	50	50 П	Pt 50	-
	100	100 П	Pt 100	-
	500	500 П	Pt 500	-
ТСМ	10	10М	Cu 10	-50.. .200
	50	50 М	Cu 50	
	100	100М	Cu 100	

Никелевые термопреобразователи сопротивления применяются для измерения температуры в интервале от  $-60$  до  $180^\circ\text{C}$  с номинальным сопротивлением при  $0^\circ\text{C}$ , равным 50 Ом.

Для изготовления полупроводниковых преобразователей сопротивления (терморезисторов) применяются германий, оксиды меди, марганца, титана и их смеси. Полупроводниковые материалы обладают большим отрицательным температурным коэффициентом сопротивления и большим удельным электрическим сопротивлением, что позволяет

изготавливать небольшие по размерам терморезисторы, обладающие большим коэффициентом преобразования.

Основным недостатком, ограничивающим применение терморезисторов, является то, что технология получения полупроводниковых термопреобразователей сопротивления не позволяет изготавливать их с идентичными характеристиками. Полупроводниковые терморезисторы нашли широкое применение в качестве температурных сигнализаторов — термореле.

## 2. Пирометры

Тепловое излучение нагретых тел характеризуется распространением электромагнитных волн, которые могут восприниматься другими телами. *Термометры, воспринимающие тепловую энергию, доставляемую электромагнитными волнами, называются пирометрами.* Наибольшее распространение получили пирометры, основанные на трех методах измерений:

*радиационном* - измерение плотности интегрального излучения;

*яркостном* - измерение спектральной интенсивности излучения

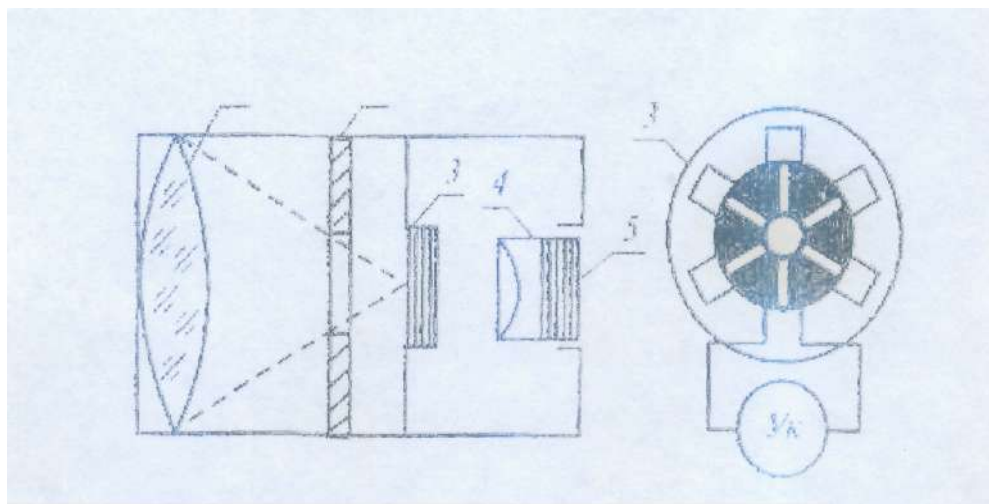
определенной длины волны;

*цветовом* - измерение отношения спектральной интенсивности двух волн.

Преимуществом измерения температуры по тепловому излучению является то, что можно измерять температуру бесконтактным методом, не искажая температурного поля объекта измерения; не ограничен верхний предел измерения, приборы обладают большой чувствительностью. Серийно выпускаемые пирометры применяются для измерения температур от 20 до 6000°C.

К недостаткам можно отнести то, что температура, показываемая пирометром (яркостная, цветовая, радиационная), отличается от действительной. Расхождение между температурой, показываемой пирометром, и действительной температурой тела (среды) может составлять десятки и сотни градусов. На показания пирометров влияет среда, находящаяся между пирометром и объектом, температура которого измеряется. Ослабление теплового излучения промежуточной средой, находящейся между объектом измерения и пирометром, влияет на результаты измерения всех пирометров.

Наиболее широко в промышленности применяются радиационные пирометры. В них (рис. 5.) лучи от нагретого тела поступают на линзу 1, которая направляет их через диафрагму 2 на приемник излучения 3.



*Рис. 5. Радиационный пирометр.*

Приемник излучения состоит из большого числа термопар, горячие спаи которых выполнены в виде секторных тонких пластинок. Сигнал с термопар, соединенных последовательно, подается на указатель  $У_k$ , в качестве которого может быть гальванометр или автоматический потенциометр.

В настоящее время выпускаются агрегатный комплекс стационарных пирометрических преобразователей и пирометров излучения АПИР-С, пирометрические преобразователи полного излучения (ГШТ-121, ГШТ-121-01 и др.) на диапазон измерения от 30 до  $12500^{\circ}\text{C}$ , преобразователи частичного излучения (ГГЧД-Ш-01, ПЧД-Ш-07) с диапазоном измерения  $450\text{—}2500^{\circ}\text{C}$ .

## **Приборы и методы измерения давления**

### **1. Электромеханические дистанционные манометры**

В электромеханических дистанционных манометрах (рис. 6) сигнал деформации упругого элемента (мембраны) используется для перемещения движка потенциометра. Потенциометр образует дни плеча  $R_1$  и  $R_2$  моста, а два других плеча составлены из резистором  $R_3$  и  $R_4$ . В качестве указателя в манометре применяется логометр с неподвижными рамками (катушками) и подвижными магнитами. Применение логометра обеспечивает независимость показаний прибора от колебаний питающего напряжения. Комплект прибора включает преобразователь, указатель и соединительные провода. В качестве первичных преобразователей (чувствительных элементов) применяют манометрические коробки (при измерении давления до  $0,3\text{ МПа}$ ), гофрированные мембраны (до  $10\text{ МПа}$ ) и манометрические трубки (до  $25\text{ МПа}$ ).

Электромеханические манометры серии ЭМ предназначены для измерения давления жидкостей (например, топлива в двигателях) и выпускаются в вариантах ЭМ-10 и ЭМ-100.

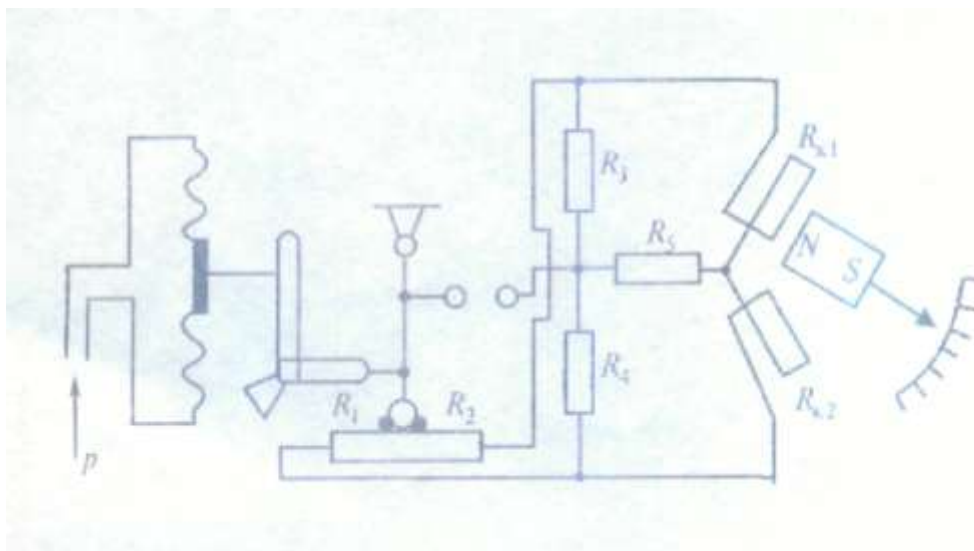


Рис. 6. Электромеханический

Погрешности манометров серии ЭМ не превышают 3%, Преобразователь и указатель взаимозаменяемы; потребляемый прибором ток не превышает 0,1 А.

В целях устранения контактного трения щетки о потенциометр можно применять бесконтактные преобразователи — индуктивный или емкостный преобразователи. В манометре с индуктивным дифференциальным преобразователем (рис. 7) якорь связан с жестким центром мембраны. Снимаемые с индуктивного преобразователя 1 сигналы переменного тока, промодулированные по амплитуде сигналом деформации, выпрямляются диодами Д1, Д2, и на логометр 2 указателя, поступают детектированные сигналы, пропорциональные измеряемому давлению.

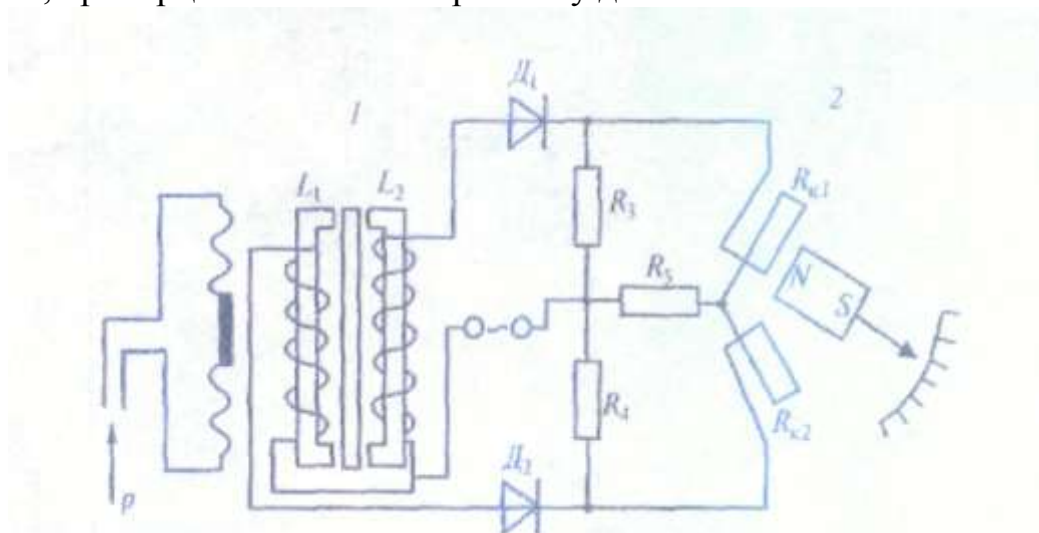


Рис. 7. Манометр с индуктивно-дифференциальным преобразователем.

Приборы выпускаются на низкое и высокое давление. Манометры МЭД модели 2364 имеют пределы измерений 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16 кгс/см, вакуумметры этой же модели выпускаются на предел от 1 до 0 кгс/см, а мановакуумметры - от 1 до 0,6; 1,5; 3; 5; 9; 15 кгс/см. Приборы модели 2365

выпускаются с манометрической шкалой на пределы 25, 40, 60, 100, 160, 250, 400, 600, 1000 и 1600 кгс/см, мановакуумметрической 1 - 24 кгс/см.

Диаметр корпуса 160 мм, погрешность показаний 1; 2,5% от суммы верхнего и нижнего пределов измерения. Питание осуществляется переменным током от вторичного прибора. Взаимная индуктивность манометров изменяется от нуля до 10 мГн при измерении манометрического, вакуумметрического и мановакуумметрического давлений. Применяются во взрывобезопасных помещениях при температуре воздуха 5—50°C.

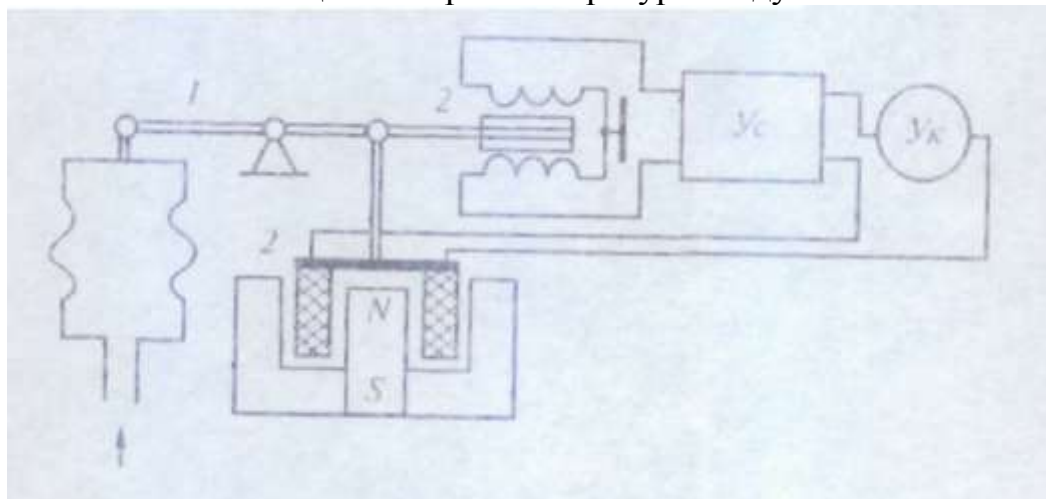


Рис. 8. Манометр уравнивающего преобразования с силовой компенсацией.

Измерительные цепи манометров уравнивающего преобразования показаны на рис. 8. В схеме (манометр с силовой компенсацией) статического уравнивания деформация сильфона преобразуется в перемещение рычага 1, на конце которого размещен преобразователь сигналов 2. Сигналы с преобразователя после усиления в усилителе  $U_c$  поступают на указатель  $U_k$  и на катушку электромагнита 3, якорь которого связан с рычагом. При взаимодействии токов в катушке с магнитным полем постоянного магнита образуется сила, уравнивающая силу, создаваемую сильфоном, и препятствующая перемещению рычага. При этом, чем больше измеряемое давление, тем больше сила тока в катушках. Таким образом, с точностью до статической погрешности рычаг будет находиться в среднем положении, а показания прибора, пропорциональные силе тока в катушках, будут являться мерой давления, подаваемого в прибор.

Схемы статического уравнивания называются также схемами силовой компенсации.

Верхний предел измерения измерительных преобразователей избыточного давления - 160 МПа, а преобразователей вакуумметрического давления - 0,1 МПа. Класс точности 0,6; 1; 1,5. Сигнал дистанционной передачи - постоянный ток 0-5 мА. Они работают в комплекте с вторичными приборами КПУ, КСУ и могут применяться в комплекте с регуляторами и другими устройствами автоматики, машинами централизованного контроля и системами управления.

## 2. Пьезоэлектрический манометр



При измерении высокочастотных пульсаций давления в качестве преобразователя в манометрах применяются пьезоэлектрические элементы (рис.9) в виде пластинок кварца цилиндрической или прямоугольной формы толщиной в несколько миллиметров. Допускаемая нагрузка на кварцевую пластинку достигает 8000 ГПа.

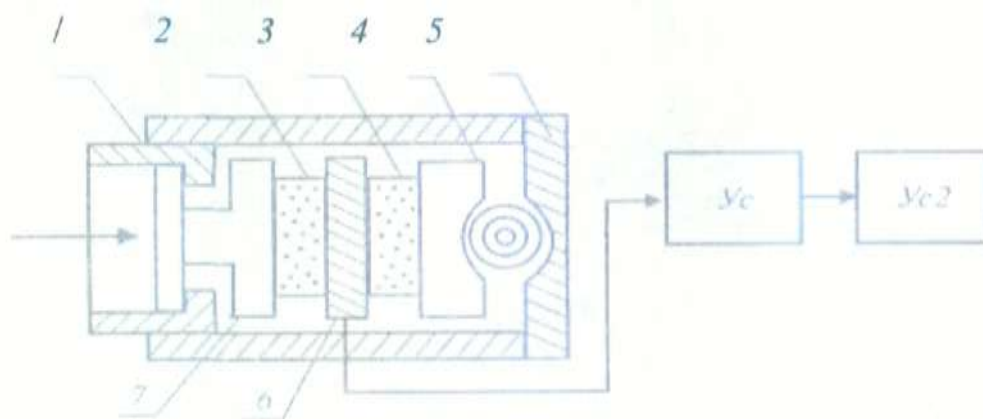


Рис. 9. Пьезометрический манометр

Чувствительный элемент пьезоманометра включает мембрану 1, кварцевые пластинки 2 и 3, шарик 4, колпачок 5, электрод 6 и опорный элемент 7. Воспринимаемое мембраной 1 давление передается через элемент 7 на кварцевые пластинки. Шарик 4 способствует равномерному распределению давления по поверхности кварцевых пластинок.

Кварцевые пластинки располагаются так, чтобы их плоскости, на которых возникают отрицательные заряды, соприкасались с электродом 6. Положительные заряды заземляются. Сигналы с электрода 6 подаются на усилитель с очень большим входным сопротивлением и малой входной емкостью, в качестве которого применяется полевой транзистор. Подобный усилитель называется электрометрическим.

Возникающий на обкладках заряд  $Q$  пропорционален давлению  $p$ :

$$Q = ksp,$$

где  $k = 2,1 \cdot 10^{12}$  Кл/Н;  $s$  — площадь кварцевой пластинки.

Зажатые между электродами пластинки кварца образуют конденсатор емкостью

$$C = \frac{\epsilon \cdot s}{4\pi d},$$

где  $\epsilon = 4 \cdot 10^{-11}$  Ф/м - диэлектрическая постоянная кварца;  $d$  — толщина пластинки. Напряжение на пластинке-конденсаторе:

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{4\pi dkp}{\epsilon}.$$

### Пример.

Пусть  $d = 5 \cdot 10^{-3}$  м;  $p = 10^3$  Па, тогда

$$U = \frac{12,56 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3}{4 \cdot 10^{-11}} = 3,3 \text{ В.}$$

Промышленностью выпускаются кварцевые датчики типа П-ЭР1 039 и П-ЭР1043. Значение выходного сигнала 1,2—20 и 0,3-5 мА соответственно.

Также промышленностью выпускаются тензорезисторные измерительные преобразователи типа «Сапфир-22». Верхний предел измерения избыточного давления 60 МПа (тип ДИ), вакуумметрического давления -25 кПа (тип ДВ), абсолютного давления - 1600 МПа (тип ДА).

### 3. Приборы и методы измерения количества и расхода вещества

#### 1. Общие сведения

Отдельные участки технологического потока современных заводов строительных материалов разделены промежуточными емкостями, предназначенными для хранения полуфабрикатов или готовой продукции. В качестве емкостей применяют баки, резервуары (для хранения воды, смазочных масел, мазута, шлама и т. п.), бункеры и силосы (для хранения порошкообразных материалов - сырьевых смесей, угольного порошка, цемента и т. п.). Бункеры применяют также для хранения кусковых материалов (гипса, дробленого известняка и т. д.). Для обеспечения бесперебойной работы агрегатов оператор должен располагать информацией о количестве материала в емкостях.

Для получения такой информации применяют различные приборы, измеряющие уровень. По уровню материала в емкости оператор определяет количество материала, находящееся в ней. Все приборы, измеряющие уровень, могут быть разделены на две группы: сигнализаторы уровня и уровнемеры.

Сигнализаторами уровня называются приборы, обеспечивающие получение информации (сигнала) о достижении уровнем каких-либо фиксированных значений, определяемых местом установки их чувствительных элементов (первичных преобразователей).

Уровнемерами называются приборы, обеспечивающие получение непрерывной информации о положении уровня в контролируемой, емкости в любой момент времени.

Для контроля за ходом технологического процесса бывает необходимо измерять наряду с другими величинами расход и количество вещества, протекающего через сечение трубопровода в единицу времени. Количество вещества измеряют в единицах массы (кг, т) или объема ( $\text{м}^3$ ,  $\text{дм}^3$ ). В соответствии с выбранными единицами производится измерение массового  $Q_M$  (кг/с, кг/ч, т/ч) или объемного расхода ( $\text{м}^3/\text{с}$ , л/с,  $\text{м}^3/\text{ч}$  и т. д.). При измерении расхода газов, выраженного в объемных единицах, при его различных физических состояниях для получения сопоставимых данных



результаты измерения приводят к нормальным условиям. Такими нормальными условиями принято считать: температуру  $t_H = 20^\circ\text{C}$ ; давление  $p_H = 101\,325\text{ Па}$  (760 мм рт. ст.). В этом случае объемный расход обозначается  $Q_H$  и выражается в объемных единицах.

Прибор, измеряющий количество вещества, протекающего по трубопроводу за некоторый промежуток времени (смену, сутки и т. д.), называют *счетчиком количества* или просто *счетчиком*.

Массу или объем вещества, прошедшего через счетчик, определяют по разности двух последовательных показаний отсчетного устройства в начале и в конце некоторого промежутка времени.

Прибор, предназначенный для измерения расхода вещества, называют *расходомером*. Если расходомер имеет интегрирующее устройство со счетчиком и служит одновременно для измерения расхода и количества вещества, его называют *расходомером-счетчиком*.

## 2. Емкостные уровнемеры

Принцип действия емкостного уровнемера основан на зависимости емкости специального конденсатора от уровня жидкости в баке.

Чувствительный элемент емкостного уровнемера (рис.10) представляет собой цилиндрический (или плоский) конденсатор с внутренним электродом 1, наружным 2 и изоляционным слоем 5. Между изоляционным слоем и наружным электродом находится слой жидкости, уровень которой необходимо измерить. Если уровень жидкости в баке изменяется, то будет меняться и емкость конденсатора вследствие того, что диэлектрические постоянные жидкости и воздуха различны.

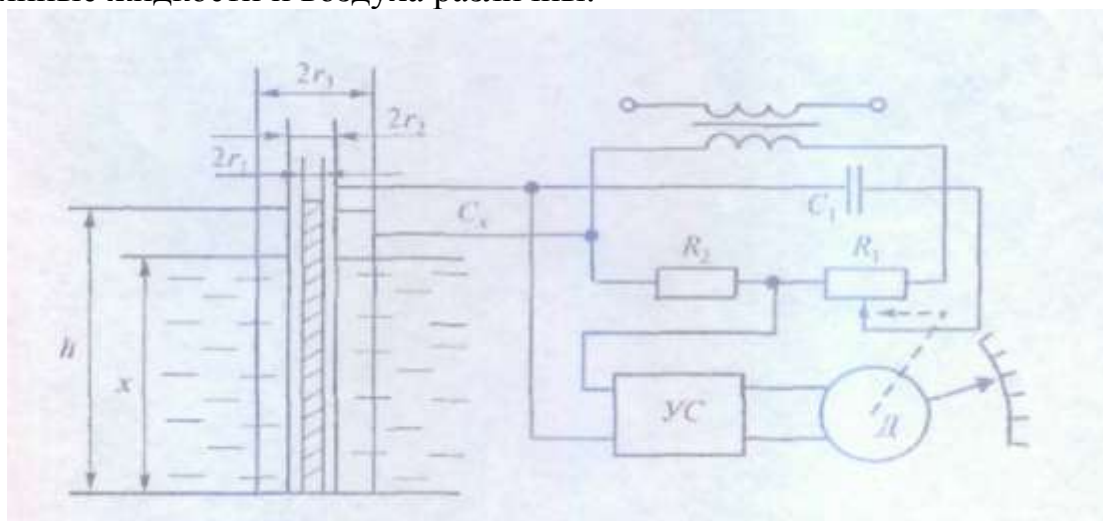


Рис. 10. Емкостной уровнеметр

Если баки имеют большую высоту, но малые поперечные размеры, то в качестве внешнего электрода можно использовать стенки бака.

Емкостные уровнемеры пригодны для измерения количества непроводящих и проводящих жидкостей. Широкое распространение они получили в топливных системах. Их преимуществами являются отсутствие подвижных частей и меньшая погрешность при кренах.

Изменение сорта топлива приводит к изменению диэлектрической постоянной, что может вызвать методическую погрешность, достигающую до 5 %. Эту погрешность можно учесть по характеристикам топлива.

Методическая температурная погрешность меньше при градуировке в единицах массы, нежели в единицах объема.

Инструментальные погрешности емкостных топливомеров малы, и ими можно пренебречь.

### 3. Поплавковый уровнемер

Благодаря простоте своей конструкции поплавковые уровнемеры довольно широко применяются для измерения уровня воды, нефтепродуктов и других жидкостей. При небольших диапазонах измерения контролируемых уровней применяют поплавковые приборы рычажного типа (рис. 11). Принцип действия уровнемера основан на преобразовании перемещения поплавка в изменение электрического сопротивления потенциометра. При изменении уровня жидкости в баке поплавок через коромысло и рычаги перемещает движок по потенциометру.

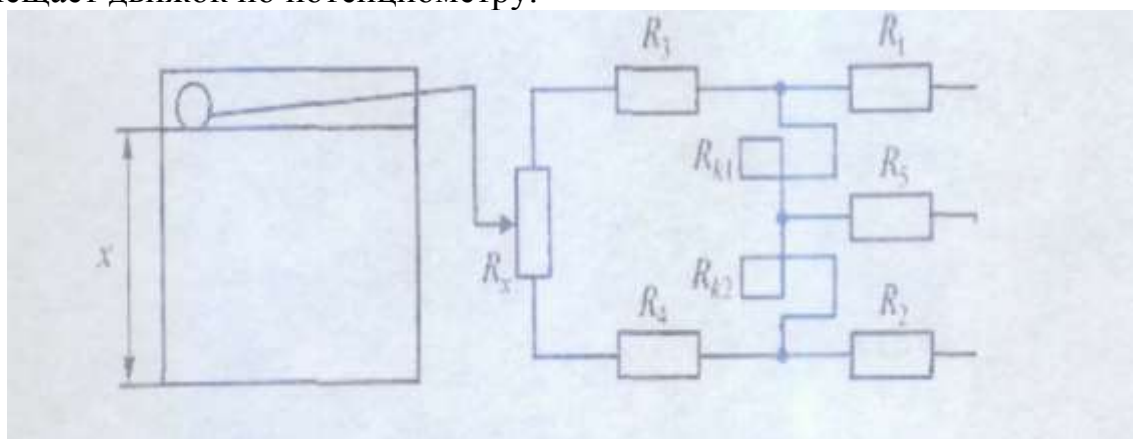


Рис. 11. Поплавковый уровнемер рычажного типа

Поскольку баки имеют сложную конфигурацию, то уровень жидкости в них связан с объемом сложной зависимостью и шкала прибора без принятия специальных мер будет неравномерной.

Отечественной промышленностью выпускаются поплавковые дистанционные уравновешенные уровнемеры типа УДУ с диапазоном измерения 0-12, 0-20 м. Погрешность измерения  $\pm 4$  мм. Выходной сигнал 0-5 мА (0—20 мА)

### 4. Ультразвуковой топливомер

Ультразвуковые методы измерения количества топлива реализуются в двух вариантах.

В первом варианте используется способ отражения ультразвуковой волны и границы раздела воздух -жидкость со стороны воздуха. Для реализации метода пьезоэлектрический преобразователь устанавливают в верхней крышке бака (рис 12). Преобразователь посылает пачку импульсов в пространство над жидкостью.

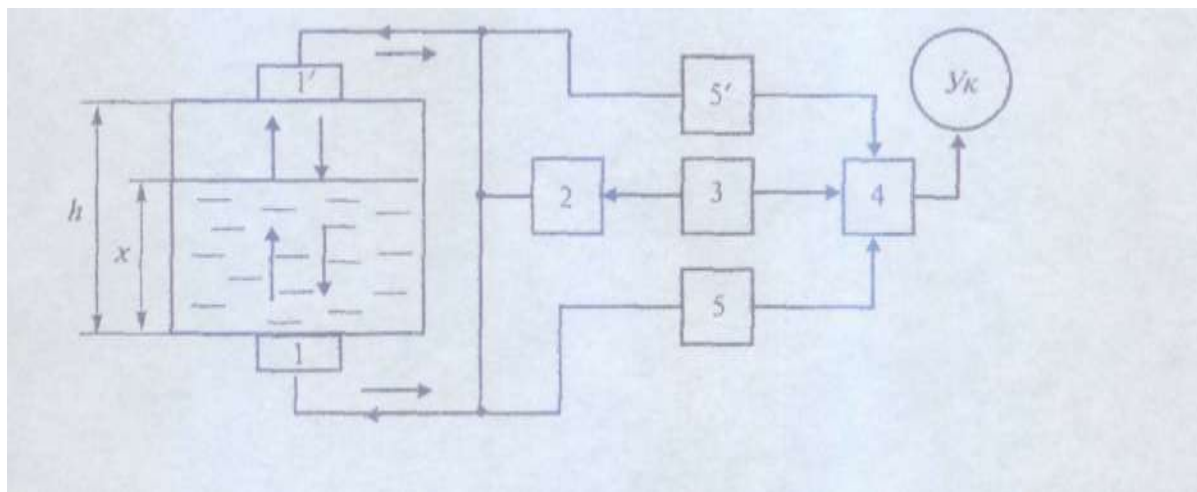


Рис 12. Ультразвуковой топливомер

Отраженный от жидкой границы сигнал воспринимается тем же преобразователем 1'. Время  $t$  распространения сигнала от излучателя до поверхности жидкости и обратно равно:

$$t = \frac{2(h-x)}{a}$$

где  $a$  - скорость звука в газовой среде;  $h$  - высота бака;  $x$  — высота уровня жидкости.

Электрические сигналы, подаваемые на пьезоэлектрический преобразователь 1, формируются высокочастотным генератором 2. Поскольку преобразователь 1 работает в режиме излучение -- прием, то на него подаются пакеты импульсов на короткое время, после чего начинается прием отраженных сигналов. Для формирования пакетов импульсов служит генератор 3, одновременно управляющий генератором 2 и схемой измерения 4, в которую входят устройство сравнения, усилитель, преобразователь и элемент обратной связи. Выходной сигнал, подаваемый на указатель сигнала  $U_k$ , формируется путем автоматического слежения за длительностью сигнала  $t$ . Так как скорость звука зависит от температуры воздуха, то для возникающих температурных погрешностей при изменении уровня жидкости применяют температурную компенсацию. Показания приборов этого типа не зависят от амплитуды и частоты повторения сигналов, а определяются только длительностью.

Во втором варианте используется способ отражения импульсных сигналов от границы жидкость воздух со стороны жидкости. Мерой уровня жидкости  $x$  является время  $t$  прохождения ультразвука от пьезоэлектрического преобразователя 1 до границы раздела и обратно, т. е.

$$t = 2x/a,$$

где  $a$  - скорость звука в жидкости.

Паузу между двумя пакетами импульсов рекомендуется выбирать из условия

$$t_n > 10t > 20x/a.$$

Это выражение справедливо для первого и второго вариантов приборов. Работа схемы прибора по второму варианту аналогична работе по первому варианту.

Ультразвуковые измерители уровня имеют погрешности, не превышающие 2,5%. Акустические приборы могут быть сигнализаторами (ЭХО-2С) и уровнемерами (ЭХО-3).

Сигнализатор уровня акустический типа ЭХО-2С предназначен для передачи сигнала измерительной информации при достижения уровня вещества в емкости какого-либо фиксированного значения. Он применяется для бесконтактного автоматического дистанционного контроля уровня сыпучих и кусковых материалов с размером гранул от 2 до 200 мм. Диапазон измерения от 0 до 30 м. Уровнемер акустический типа ЭХО-3 применяется для бесконтактного автоматического измерения уровня жидких сред, в том числе вязких, налипающих, неоднородных, перемешиваемых, выпадающих в осадок и взрывоопасных. В промышленности строительных материалов он нашел применение для измерения уровня шлама в шлам-бассейнах. Выходной унифицированный сигнал постоянного тока 0—5мА, 0-20мА или 4-20 мА. Класс точности уровнемеров 1; 1,5.

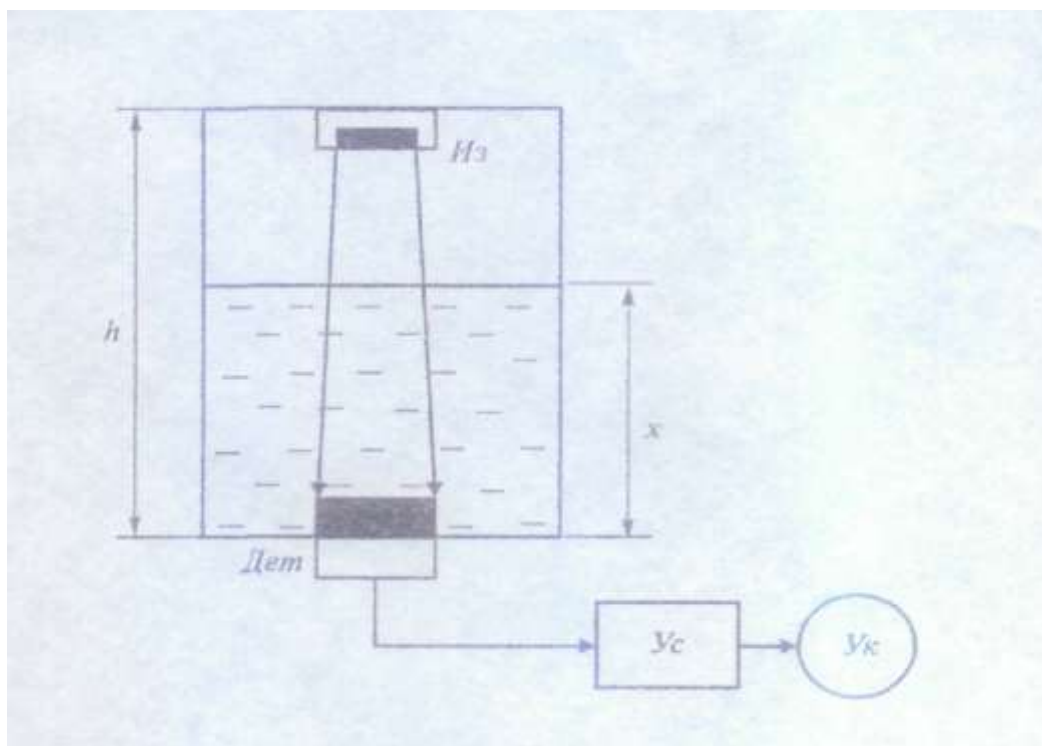
### **5. Радиоизотопный уровнемер**

Радиоизотопные уровнемеры и сигнализаторы уровня применяются в тех случаях, когда нельзя применять рассмотренные ранее уровнемеры из-за тяжелых условий работы. Радиоактивные сигнализаторы уровня применяются для определения уровня сыпучих материалов в составных цехах и дозирочно-смесительных отделениях.

Для автоматической бесконтактной сигнализации о заданных значениях уровня твердых или сыпучих материалов отечественная промышленность выпускает радиоизотопный релейный прибор РРП-3. Для контроля уровня цемента в пневмокамерных насосах применяется гамма-релейный прибор ГРП-1.

Принцип действия радиоизотопных уровнемеров и сигнализаторов уровня (рис. 13) основан на использовании зависимости интенсивности потока радиоактивного излучения, падающего на приемник (детектор) излучения, от положения уровня измеряемой среды.

Основными элементами радиоизотопного прибора являются: источник радиоактивного излучения (*Из*); приемник (детектор - - *Дет*) излучения; электронное устройство (*Ус*), преобразующее и усиливающее сигнал, идущий от детектора в измерительный (показывающий, записывающий, сигнализирующий) прибор (*Ук*).



*Рис 13. Радиоизотопный уровнемер*

В качестве источника радиоактивного излучения применяют изотопы кобальта или цезия. Источник излучения расположен в защитной чугунной оболочке, залитой свинцом, которая является надежной защитой от радиационного излучения. В ней сделано овальное конусообразное отверстие. В рабочем положении источник устанавливается против отверстия, на его геометрической оси. В нерабочем положении источник излучения смещается относительно геометрической оси отверстия внутрь свинцовой оболочки. Приемником излучения служат газоразрядные и сцинтилляционные счетчики, которые устанавливаются так, чтобы условная ось, проходящая через центры блоков источников излучения и счетчиков, была параллельна границе раздела двух сред.

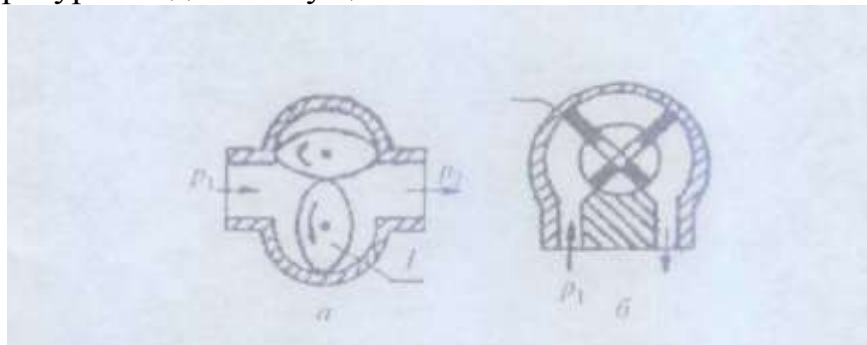
Пределы измерения ограничиваются высотой резервуара, погрешность сигнализатора + 20 мм, других уровнемеров 2—3 %.

При эксплуатации радиоизотопных приборов необходимо применять меры биологической защиты, руководствуясь санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений

## **6. Объемные расходомеры**

При использовании объемного метода применяются обратимые насосы -зубчатые с овальными лопастями 1 (рис. 14 а), лопастные с выдвижными лопастями 2 (рис. 14 б) и др. При подаче на насос перепада давления ротор начинает вращаться, подавая порции жидкости при каждом обороте. Измерение расхода сводится к измерению числа порций жидкости, проходящих в единицу времени, т. е. к измерению частоты вращения ротора насоса. Вращение ротора через редуктор и магнитную муфту передается счетному механизму.

Вязкость жидкости не оказывает влияния на показания прибора, что является преимуществом объемного метода измерения. Однако измерение температуры жидкости существенно влияет на точность измерения.



*Рис. 14. Устройство обратимых насосов объемных расходомеров: а - зубчатых с овальными лопастями; б — лопастных с выдвижными лопастями*

Для измерения количества вязких жидкостей применяют объемные счетчики лопастные (ЛЖ, ЛЖА) и с овальными шестернями (ШЖУ, ШЖО), сконструированные по блочно-модульному принципу построения с унифицированными присоединительными размерами, что допускает полную взаимозаменяемость комплектующих блоков.

Лопастные счетчики предназначены для измерения количества агрессивных (ЛЖА) и неагрессивных (ЛЖ) веществ. Класс точности счетчиков типа ЛЖ - 0,25; 0,5. Выпускаются на наибольший расход 420 м<sup>3</sup>/ч.

Счетчики типов ШЖУ, ШЖО предназначены для измерения количества нефте-продуктов. Для замера быстрозастывающих нефтепродуктов предусмотрен обогрев счетчиков промышленным паром (ШЖО). Класс точности 0,5. Наибольший измеряемый расход от 3,3 до 24 м<sup>3</sup>/ч.

Для измерения объемного количества очищенных неагрессивных горючих газов применяются ротационные счетчики газа типа РГ (РГ-40, РГ-100 и др.), а также турбинные расходомеры — счетчики типа ТУРГАС.

Принцип действия ротационных счетчиков аналогичен принципу действия счетчика с овальными шестернями. Класс точности 1; 3. Условный проход счетчиков лежит в пределах 50 - 1200 мм; пропускная способность - от 4 до 1000 м<sup>3</sup>/ч.

Принцип действия турбинных расходомеров-счетчиков типа ТУРГАС (рис. 15) основан на вращении потоком чувствительного элемента винтовой турбинки, который преобразует угловую скорость, пропорциональную расходу газа. Предназначены для непрерывного автоматического измерения объемного расхода и объемного количества плавно меняющихся потоков газа в технологических трубопроводах. Состоит из вертушки 1, червячной передачи 2, валика к измерительному прибору 3.

Приборы характеризуются высокой надежностью, точностью (класс точности 1; 1,5) и могут использоваться во взрывоопасных помещениях. Контролируемые среды: очищенный природный газ, воздух и другие неагрессивные газы с плотностью не менее 0,7 кг/м<sup>3</sup>, температурой 0-50°С и



давлением не более 0,59 МПа. В зависимости от типоразмеров (ТУРГАС-100, ТУРГАС-200 и т. д.) максимальный объем газа, который может быть измерен с нормированной погрешностью — 100-10 000 м<sup>3</sup>/ч.

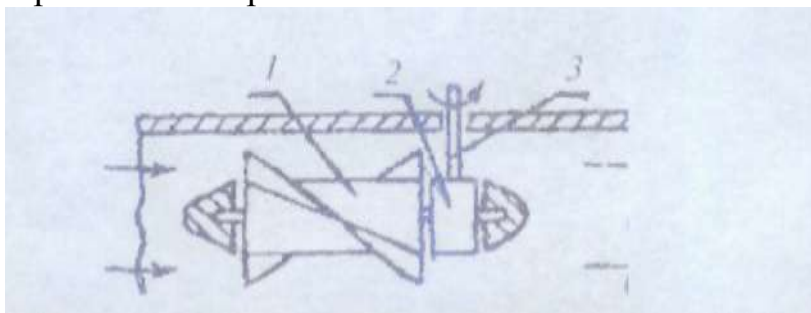


Рис. 15. Турбинный расходомер-счетчик газа типа ТУРГАС

## 7. Расходомеры переменного перепада

В методах переменного перепада давления измерение расхода сводится к измерению перепада, связанного со скоростью потока жидкости (газа). Для образования переменного перепада давления, пропорционального скорости потока, применяют напорную трубку, трубку Вентури, сопло и диафрагму.

Напорная трубка (рис. 16, а) помещается в трубопровод навстречу потоку, в результате чего давление на выходе трубки складывается из статического давления и скоростного напора.

Трубка Вентури (рис. 16, б) состоит из двух конических трубок, соединенных узкими частями между собой. Диаметры широких частей равны диаметру трубопровода, по которому течет жидкость. Трубки Вентури применяются в расходомерах газов.

Сопло (рис. 16, в) в качестве дроссельного элемента применяется при измерении расхода воздуха и газов. Параметры сопел стандартизированы.

Диафрагма (рис. 16, г) представляет собой тонкий круглый диск с отверстием, concentричным трубопроводу. Со стороны входа жидкости отверстие имеет острую кромку, а дальше расточено на конус с углом 45°. Расходомеры с дроссельными устройствами требуют градуировки в рабочих условиях.

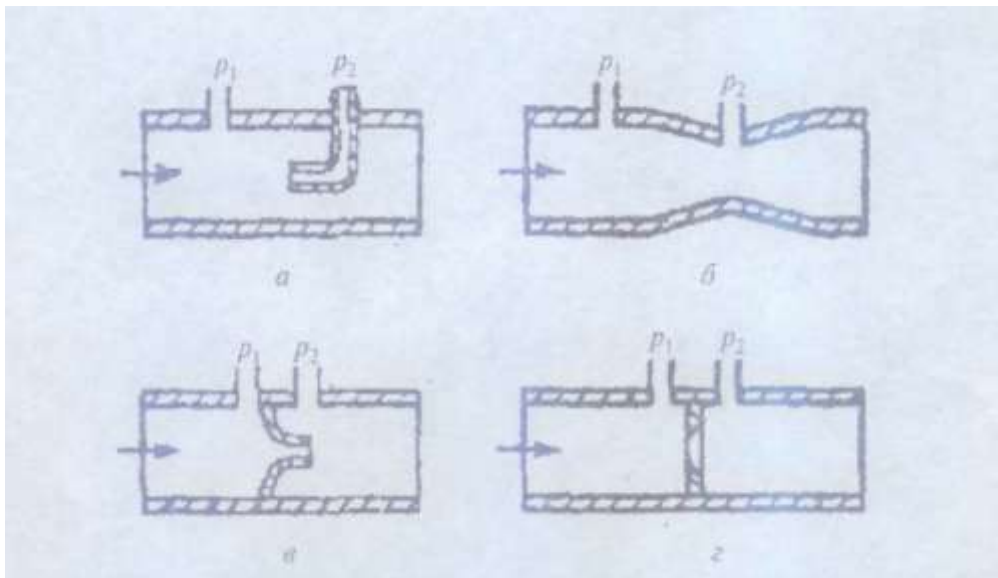
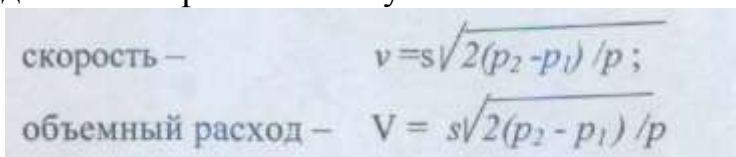


Рис. 16. Устройства для создания переменного перепада давления пропорционального расходу жидкости (газа): а — напорная трубка; б — трубка Вентури; в — сопло; г — диафрагма

Напорная трубка в случае несжимаемости жидкостей воспринимает давление, равное:  $p_2 = p_1 + \rho v^2 / 2$ ,

где  $p_1$  — давление при отсутствии скорости ( $v = 0$ );  $\rho$  — плотность. Из данного выражения получаем:



скорость —  $v = s \sqrt{2(p_2 - p_1) / \rho}$ ;  
 объемный расход —  $V = s \sqrt{2(p_2 - p_1) / \rho}$

Для измерения разности двух давлений используются дифманометры: колокольные и мембранные.

Рассмотрим устройство колокольного дифманометра. Колокол 2 (рис. 17) делит рабочее пространство на две полости: под колоколом и над ним. Под колокол и выше его подается разность давлений. Колокол подвешен на пружине 1, которая является упругим элементом, уравнивающим силу, создаваемую разностью давлений. Он плавает в разделительной жидкости 3. К его нижней части прикреплено кольцо 4, в котором сосредоточена основная масса колокола. Поэтому изменение разности высоты разделительной жидкости вне колокола и внутри его практически не влияет на выталкивающую силу, действующую на колокол. С колоколом соединен сердечник 5 дифференциально-трансформаторного преобразователя 6.

Промышленностью выпускаются колокольные дифманометры типа ДКО-3702 с верхним пределом измерения 100, 160, 250, 400, 630, 1000 Па (10, 16, 25, 40, 63, 100 кгс/см<sup>2</sup>). Класс точности 1,5.



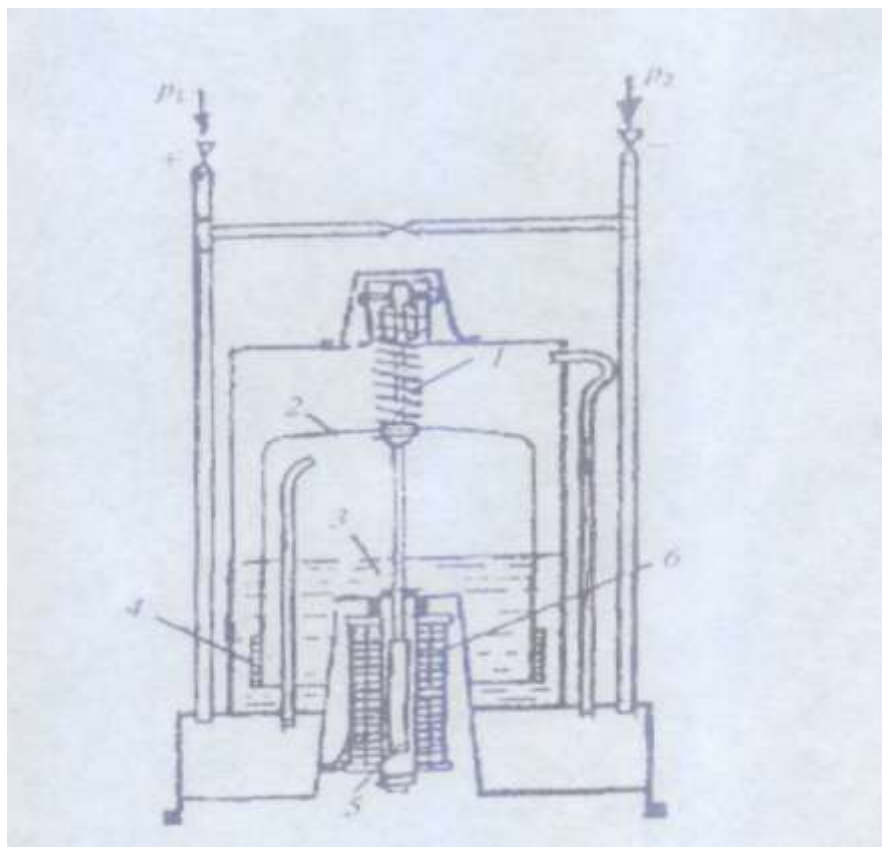


Рис. 17. Колокольный дифманометр

### 8. Тепловые расходомеры

Тепловой метод реализуется в двух вариантах. Если чувствительный элемент расходомера выполнить в виде тонкой нити 1 (рис. 18, а) из материала с большим температурным коэффициентом сопротивления и нагреть нить током, то температура нити, а следовательно, и сопротивление, будут зависеть от скорости потока. Мерой скорости (расхода) будет сила тока или падение напряжения на сопротивлении нити.

Если сопротивление нити выполнить из материала с нулевым температурным коэффициентом и нагреть нить током, то температуру нити, зависящую от скорости потока, можно измерить с помощью термопары 2 (см. рис. 18, б). Этот способ позволяет значительно расширить предел измерения прибора

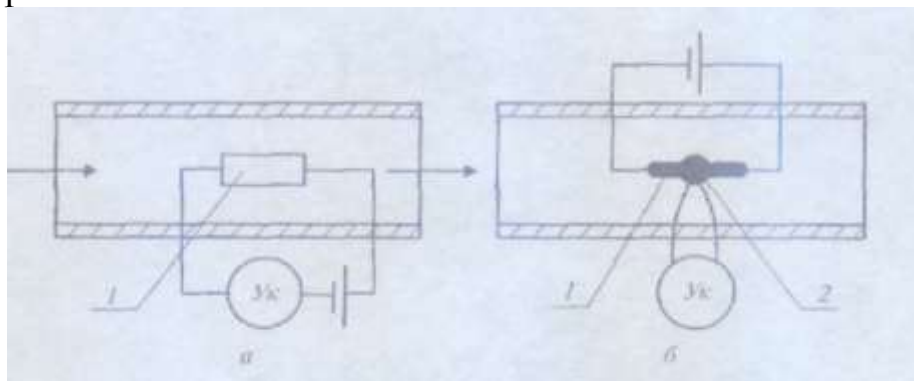


Рис. 18 Устройство тепловых расходомеров:

*а- чувствительный элемент расходомера, выполненный в виде тонкой нити (1) из материала с большим температурным коэффициентом сопротивления. б - чувствительный элемент, выполненный из материала с нулевым температурным коэффициентом.*

### 9. Электромагнитный расходомер

При бесконтактном методе измерения расхода предполагается отсутствие в потоке вещества механических частей расходомера. Электромагнитными расходомерами можно измерять расход шлама, загрязненных, ядовитых, воспламеняющихся жидкостей и жидкостей с твердыми неферромагнитными включениями, обладающих удельным электрическим сопротивлением, не превышающим  $10^5$  Ом\*см<sup>3</sup>. При измерении расхода электромагнитными расходомерами отсутствует потеря давления измеряемой среды, влияние местных сопротивлений на точность измерения значительно меньше, чем у расходомеров других типов; колебания температуры, вязкости и плотности существенно не влияют на точность измерения; они отличаются быстроедействием и достаточно большим диапазоном измерения.

В электромагнитном расходомере (рис.19), основанном на использовании закона электромагнитной индукции, роль движущегося проводника в магнитном поле выполняет жидкость в трубопроводе 2. Магнитное поле, ось которого перпендикулярна скорости движения жидкости, может быть создано электромагнитом 1, питаемым переменным током.

Амплитуда ЭДС, наводимой в приборе, будет пропорциональна скорости, а следовательно, расходу жидкости.

В этих приборах возникают погрешности, вызываемые переменным магнитным полем электромагнита. Устранение этих погрешностей достигается замыканием одного из электродов 3 на низкоомный делитель напряжения и выбором положения движка потенциометра так, чтобы при  $v = 0$  сигнал с прибора отсутствовал.

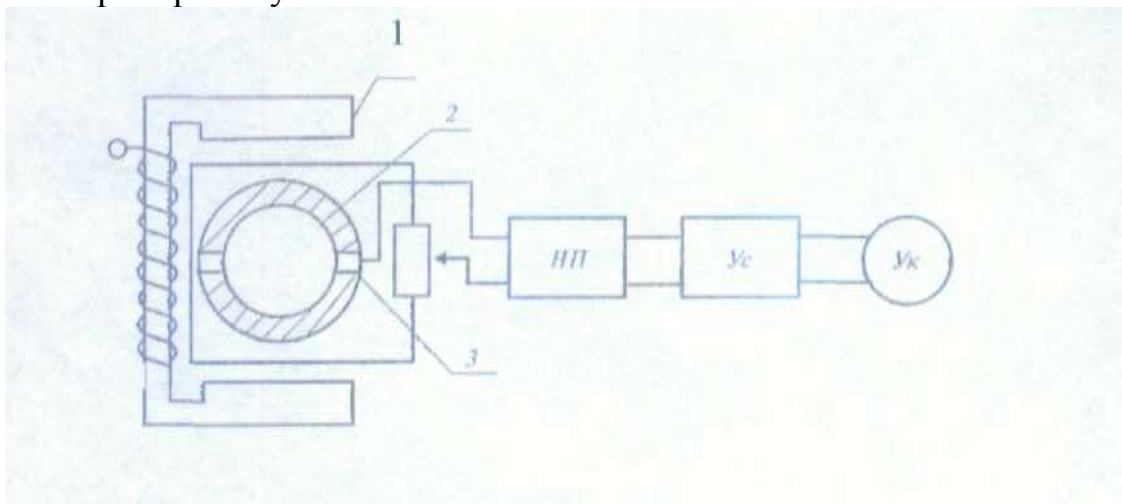


Рис 19. Электромагнитный расходомер

В настоящее время промышленностью выпускаются электромагнитные расходомеры типов «Индукция-51», «Индукция-М», 4РИМ, 3РИМ, ИР-61, ЗРИС-1 и др. Основная погрешность - 1; 1,5; 2,5%.

### **10. Контроль состава веществ**

При сжигании газового топлива в топках котлов и других крупных агрегатах важным показателем является полнота сгорания топлива. Она определяется по содержанию  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}$  в продуктах горения. Если в топке не хватает воздуха, значит, топливо сгорает не полностью и расходуется нерационально. Если же в топке воздуха больше необходимого для полного сгорания топлива, то он уносит с собой часть тепла и КПД агрегата понижается. Для определения оптимального соотношения газ - воздух состав уходящих газов контролируют газоанализаторами.

В промышленности строительных материалов газоанализаторы широко применяются для контроля процесса горения в стекловаренных и вращающихся печах, а также содержания вредных примесей в газовых выбросах промышленных предприятий. В связи с усилением охраны окружающей среды осуществляется периодическое измерение концентрации таких основных загрязняющих веществ, как сернистый газ, оксид углерода, диоксид азота, пыль. Чаще всего для этих целей применяют магнитные и термокондуктометрические газоанализаторы.

Магнитные газоанализаторы применяют для определения содержания кислорода в различных газовых смесях. По магнитным свойствам компоненты газовой смеси могут быть разделены на парамагнитные и диамагнитные. *Парамагнитные* газы в холодном состоянии способны намагничиваться и втягиваться в магнитное поле.

Кислород относится к парамагнитным газам и в холодном состоянии обладает наибольшей магнитной восприимчивостью, которая уменьшается с повышением температуры. В магнитных газоанализаторах используется *термомагнитная конвекция*, которая представляет собой движение газовой смеси в неоднородном магнитном и тепловом полях.

В промышленности строительных материалов получили распространение газоанализаторы на кислород типа МН5130, МН5106-2. Они предназначены для определения объемного содержания кислорода в дымовых газах, а также для определения содержания кислорода в многокомпонентных газовых смесях, содержащих кроме кислорода азот, аргон, двуокись углерода, оксид углерода, метан. Газоанализаторы состоят из измерительного преобразователя и вторичного прибора. В комплект прибора входят также устройства для подготовки газовой смеси и ее транспортировки.

Первичным преобразователем (чувствительным элементом приемника-газоанализатора) является платиновая проволока 1 (рис. 20, а) диаметром 0,02 мм, намотанная на стеклянный капилляр 2 и остеклованная с внешней стороны 3. Концы спирали припаяны к токоотводам 4. Чувствительный элемент с сопротивлением К-1 расположен в камере с неоднородным магнитным полем, создаваемым постоянным магнитом 5 (рис. 20, б). Газовая

смесь, содержащая кислород, движущаяся по линии 7 подвода газа, втягивается в магнитное поле постоянного магнита 5 и соприкасается с резистором R1, по которому протекает ток, поэтому он нагрет до определенной температуры. Газовая смесь, соприкасаясь с резистором R1, нагревается. Магнитная восприимчивость кислорода и в целом газовой смеси уменьшается. Холодная газовая смесь, имеющая большую магнитную восприимчивость, втягивается в магнитное поле и выталкивает нагретую смесь. В результате этого создается поток магнитной конвекции, охлаждающий резистор R1 (сопротивление его уменьшается). Так как магнитные свойства смеси зависят от содержания в ней кислорода, то и интенсивность потока магнитной конвекции, охлаждение резистора R1, величина его сопротивления зависят также от содержания кислорода в газовой смеси. Нагретая газовая смесь, двигаясь по трубопроводу 7, диффундирует в камеру, где расположен резистор R2. Вследствие этого сопротивление его повышается. Для обеспечения одинаковых условий теплоотдачи резистор R2 размещен внутри немагнитного блока 6, имеющего ту же конфигурацию, что и постоянный магнит 5. Приемник газоанализатора имеет двухмостовую измерительную схему с самоуравновешиванием.

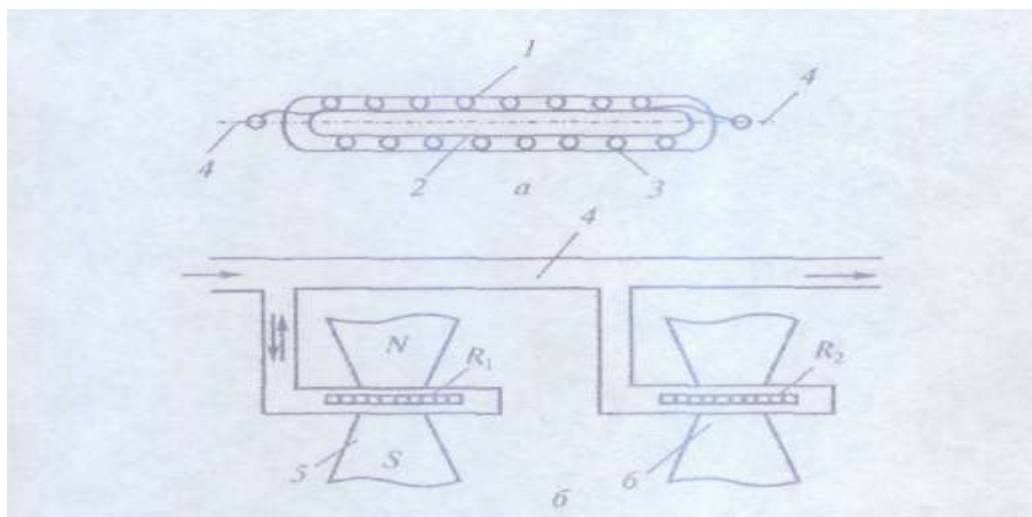


Рис. 20. Магнитный газоанализатор:

а-- устройство чувствительного элемента; б — схема разложения чувствительных элементов в измерительном преобразователе

Отклонение мостовой схемы (на рис. 20 не показана) от равновесия устраняется перемещением контакта по резистору. При наличии в газовой смеси кислорода происходит разбаланс мостовой схемы. Напряжение разбаланса пропорционально содержанию кислорода в газовой смеси.

Газоанализаторы на кислород типа МН-5106 имеют пределы измерения 0-10 % O<sub>2</sub> при предельной погрешности измерения 0,25 % O<sub>2</sub>, а типа МН-5130 при нулевом нижнем пределе измерения имеют верхние 0,5; 1; 2; 5; 10; 21; 50 %, при этом предельная погрешность зависит от диапазона измерения и находится в пределах от 2 до 10% нормирующего значения. Газоанализаторы МН могут иметь безнулевую шкалу с пределами измерения

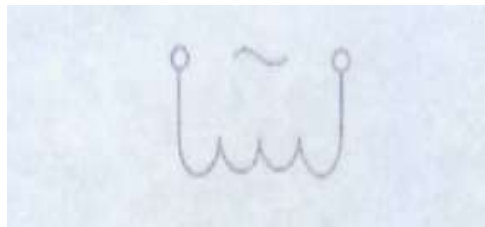
50-100 % и 80-100 % O<sub>2</sub>. Время установления выходного сигнала находится в пределах 0,5— 1,5 мин.

Принцип действия *термокондуктометрических, газоанализаторов* основан на использовании зависимости теплопроводности анализируемой газовой смеси от концентрации в ней анализируемого компонента.

Анализ газовой смеси по теплопроводности можно проводить только для такого компонента, теплопроводность которого резко отличается от теплопроводности других компонентов (например, относительная теплопроводность диоксида углерода -0,605, водорода —7,15, сернистого газа - 0,35). Тепловые газоанализаторы получили в основном распространение как газоанализаторы на диоксид углерода CO<sub>2</sub> и водород H<sub>2</sub>. Если теплопроводность какого-либо компонента газовой смеси резко отличается от теплопроводности других компонентов, то теплопроводность смеси в основном определяется концентрацией этого компонента. Измерение теплопроводности газовой смеси в газоанализаторах основано на том, что температура, а следовательно, и электрическое сопротивление проводника, нагреваемого постоянным током, зависят от теплопроводности среды, в которой расположен проводник. Чувствительным элементом

большинства термокондуктометрических газоанализаторов является проводник из платиновой проволоки, нагреваемый током и помещенный в специальную измерительную камеру, где он омывается анализируемой смесью.

Принцип действия прибора (рис. 21). Приемник газоанализатора имеет два моста: рабочий РМ и сравнительный СМ. Рабочий мост образован резисторами R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, выполненными из платиновой проволоки. Чувствительные элементы R<sub>1</sub> и R<sub>3</sub>, находятся в камерах, через которые проходит анализируемая газовая смесь, предварительно очищенная от водорода и сернистого газа. Резисторы R<sub>2</sub> и R<sub>4</sub>, расположены в двух других камерах, заполненных воздухом. С диагонали *a—b* рабочего моста снимается напряжение разбаланса. При отсутствии CO<sub>2</sub> в анализируемой газовой смеси рабочий мост РМ находится в равновесии, так как теплопроводность остальных компонентов газовой смеси равна теплопроводности воздуха.



*Анализируемый газ*

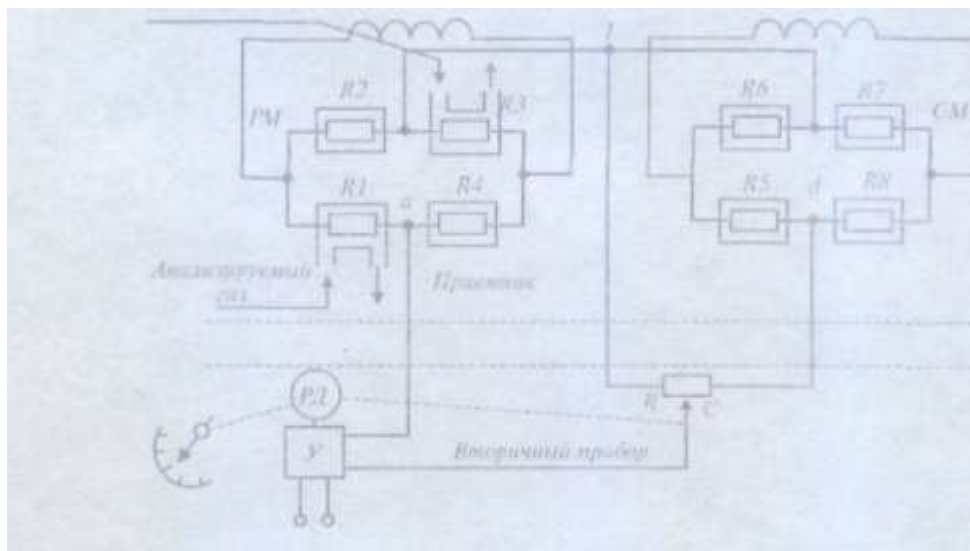


Рис 21. Термокондуктометрический тепловой газоанализатор

При наличии в анализируемой газовой смеси  $\text{CO}_2$  условия теплоотдачи в камерах рабочего моста будут неодинаковы. Так как теплопроводность  $\text{CO}_2$  почти в два раза меньше теплопроводности воздуха, то платиновые нити нагреваются до более высокой температуры, чем резисторы  $R_2$  и  $R_4$ , расположенные в камерах, заполненных воздухом. Вследствие этого сопротивления  $R_1$  и  $R_3$  увеличиваются, и создается разбаланс мостовой схемы. Разбаланс мостовой схемы, а следовательно, и напряжение разбаланса пропорциональны содержанию  $\text{CO}_2$  в анализируемой газовой смеси. Сравнительный мост образован резисторами  $R_5, R_6, R_7, R_8$ . Чувствительные элементы  $R_6$  и  $R_8$  находятся в закрытых камерах, заполненных воздухом, что соответствует начальному значению шкалы вторичного прибора. Резисторы  $R_5$  и  $R_7$  находятся в камерах с концентрацией, соответствующей верхнему пределу измерения. Реохорд  $R$  вторичного прибора включен в диагональ  $b - d$  на напряжение разбаланса.

В качестве вторичных приборов, работающих в комплекте с приемником газоанализатора ТР, используется электронный прибор, выполненный на базе уравновешенных автоматических мостов КСМ.

В промышленности строительных материалов получил распространение газоанализатор ТП-2221М, предназначенный для измерения объемной концентрации диоксида углерода в многокомпонентных сухих газовых смесях, содержащих кроме диоксида углерода азот, кислород, оксид углерода, водород, аргон, гелий и метан в концентрациях, исключающих образование взрывоопасных смесей.

Метан обычно присутствует в продуктах горения в незначительном количестве и существенного влияния на теплопроводность газовой смеси не оказывает. Наличие водорода в продуктах горения приводит к значительному искажению (уменьшению) результата измерения содержания  $\text{CO}_2$ , так как теплопроводность  $\text{H}_2$  велика (1,15). Поэтому в комплект устройства для подготовки газовой смеси к анализу и транспортировки ее входит специальная печь для дожигания водорода. Сернистый газ, имеющий теплопроводность, отличную от теплопроводности других компонентов



(0,35), удаляется с помощью фильтра, заполненного обезжиренной стальной (железной) стружкой и некоторым объемом воды. Температуру и влажность газовой смеси стабилизируют с помощью водяного холодильника. Основная погрешность измерения газоанализаторов ТП -- 2,5; 3,0 %.

## **Измерение влажности газов и твердых тел**

### **1. Психрометры**

Приборы для измерения влажности, в основе которых лежит психометрический метод измерения влажности, называют психрометрами. Простейшим прибором является неавтоматический психрометр, предназначенный для определения влажности воздуха. Он состоит из двух стеклянных термометров, закрепленных на общем основании. Один из термометров («сухой») измеряет температуру воздуха, влажность которого определяется. Термобаллон другого термометра («влажного») непрерывно увлажняется. При испарении влаги с поверхности «влажного» термометра температура его понижается. Между «сухим» и «влажным» термометрами возникает так называемая психометрическая разность разность их показаний. Относительная влажность  $\phi$  в зависимости от психометрической разности температур ( $t_C - t_B$ ) может быть выражена уравнением:

$$\phi = [P_B - AP(t_C - t_B)] / P_C$$

где  $\phi$  - относительная влажность, %;  $P_B$  - давление паров, насыщающих

контролируемую среду при температуре  $t_B$  «влажного» термометра;  $P_C$

-  
давление паров, насыщающих контролируемую среду при температуре  $t_C$

«сухого» термометра;  $A$  - постоянная психометра;  $P$  - атмосферное давление.

При постоянных значениях  $P_B$ ,  $P_C$ ,  $A$ ,  $P$  относительная влажность зависит только от разности температур «сухого» и «влажного» термометров, определяют влажность.

Этот принцип положен в основу работы автоматического психрометра ПЭ.

В комплект психрометра (рис 22) входят измерительный преобразователь 10, вторичный прибор 6, вытяжное устройство, бочонок для воды 5.

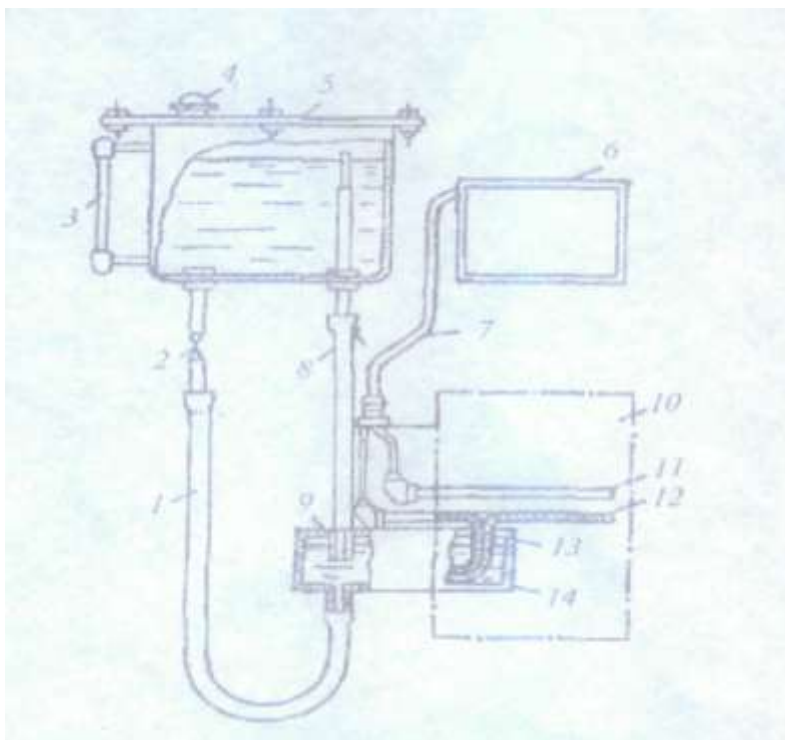


Рис 22. Устройство автоматического психрометра ПЭ

В измерительном преобразователе 10 расположены два платиновых термопреобразователя сопротивления: «сухой» 11 и «влажный» 12. Термопреобразователи обдуваются потоком газа, влажность которого определяется. «Влажный» преобразователь сопротивления 12 обернут хлопчатобумажной тканью (находится в «чулке» 13). Конец «чулка» 13 погружен в ванночку 14 с дистиллированной водой, поступающей из бачка 5 по резиновой трубке 1 через кран 2. Бачок 5 после заполнения его водой герметически закрывается пробкой 4. При открытом кране 2 вода из бачка поступает в ванночку 14. Когда уровень воды в ванночке перекрывает отверстие ниппеля 9, прекращается доступ воздуха в бачок через трубку 8, в нем создается вакуум, уравнивающий разность уровней, и поступление воды в ванночку прекращается. По мере испарения уровень воды в ванночке 14 понижается, открывается ниппель 9 и в бачок 5 по резиновой трубке 8 снова начинает поступать воздух, вследствие чего в ванночку 14 вновь будет поступать вода. Уровень воды в бачке 5 контролируется через водомерное стекло 3. Термопреобразователи сопротивления соединены с вторичным прибором 6 посредством кабеля 7. Вытяжное устройство, предназначенное для просасывания газа через преобразователь, состоит из электродвигателя и крыльчатки вентилятора, насаженной на вал двигателя.

Преобразователь состоит из двух мостов, в плечо одного моста включен «сухой» терморезистор, а в плечо другого - «влажный». При разбалансе схемы на выходе образуется разность потенциалов, пропорциональная влажности среды.

Методы измерения влажности твердых и сыпучих тел определяются видом и состоянием материала (кусковой, листовой, сыпучий, липкий и др.), его физическими и химическими свойствами, требованиями к измерению по времени и точности. Наиболее простой и надежный метод -высушивание



образца (навески) материала с определением влажности по разности массы до и после сушки. Однако этот метод требует значительного времени (от 5 до 30 мин в зависимости от навески, свойств материала, способа взвешивания и просушки), что делает его малопригодным для автоматического контроля и регулирования технологических процессов.

Для непрерывного и быстрого измерения влажности материала в технологическом потоке пользуются косвенными методами, основанными на измерении какого-либо физического параметра, зависимость которого от влажности известна. Наибольшее распространение из косвенных методов измерения влажности получили кондуктометрический, емкостный и радиоизотопный.

*Кондуктометрический* метод основан на зависимости удельной проводимости тела от содержания в нем влаги. При измерении влажности этим методом образец вводят между электродами преобразователя. Влажность определяется по сопротивлению образца, измеряемого вторичным прибором.

На этом принципе измерения влажности был создан индикатор типа ИВАР-2Н, предназначенный для дискретного автоматического контроля влажности руды, поступающей в сушильные отделения асбестообогатительных фабрик. Может быть использован в качестве преобразователя в системе автоматического управления процессом сушки руды.

Работа индикатора основана на зависимости полной электрической проводимости руды от ее влажности. При отрицательной температуре руды применяется предварительный подогрев пробы в высокочастотном поле до определенной положительной температуры.

В основе *емкостного* метода лежит отличие диэлектрической проницаемости воды от диэлектрической проницаемости твердых и сыпучих тел в сухом состоянии. В качестве измерительного преобразователя (датчика) обычно применяют конденсатор, заполненный исследуемым веществом.

Емкостный метод положен в основу работы влагомера ВПП-1, предназначенного для определения влажности керамических пресс-порошков. Влагомер ВПП-1 автоматически отбирает пробу порошка, уплотняет ее, измеряет влажность, записывает показание и возвращает порошок в технологическую линию. Датчик влагомера выполнен в виде плоского конденсатора с вибрирующими электродами для постоянного и равномерного уплотнения порошка.

В *радиоизотопных* приборах для измерения влажности могут использоваться методы ослабления интенсивности радиоактивных излучений при прохождении через исследуемый материал, нейтронный метод и метод ядерного магнитного резонанса.

Нейтронный метод основан на влиянии атомов водорода, содержащихся в воде, на скорость быстрых нейтронов.

В промышленности строительных материалов применяются нейтронные влагомеры «Нейтрон-3-1», «Нива». Влагомер «Нейтрон-3-1»

нашел применение для измерения влажности сырьевых материалов и стекольной шихты, а влагомер «Нива» применяется для контроля влажности материала, выходящего из зоны цепной завесы вращающейся печи.

### **3.5 Практическое занятие № 8 ( 2 часа).**

**Тема: «Электрические измерения и приборы»**

#### **3.1.1 Задание для работы:**

- 1. Системы электрических измерительных приборов*
- 2. Основные характеристики электрических измерительных приборов*

#### **3.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Электрические измерительные приборы - необходимые элементы электрических цепей при контроле режимов работы электрооборудования, учете электроэнергии, при экспериментальном исследовании электрических цепей, при получении достоверной информации для систем автоматического управления.

Электрические измерительные приборы измеряют как электрические величины (ток, напряжение, мощность,  $\cos \varphi$ , частоту, электрическую энергию и т.д.), так и неэлектрические величины (температуру, давление и др.).

Электрические и измерительные приборы отличаются высокой чувствительностью, простой конструкцией и надежностью. Показания электрических измерительных приборов относительно просто передавать на дальние расстояния (телеизмерения) при автоматизации и управлении технологическими процессами.

Недостатком электрических измерительных приборов является невозможность их применения на взрывоопасных и пожароопасных помещениях.

#### **6.1. Системы электрических измерительных приборов**

Электрический измерительный прибор состоит из подвижной и неподвижной частей. По перемещению подвижной части измеряют значения измеряемых величин.

В зависимости от принципа действия различают системы: магнито-электрическую, электромагнитную, электродинамическую, тепловую, индукционную и др.

Таблица 6.1. - Системы электрических измерительных приборов и их условные обозначения

N п/п	Система прибора	Обозначение
1	Магнитоэлектрическая	
2	Электромагнитная	
3	Электродинамическая	
4	Тепловая	
5	Индукционная	

В таблице 6.1 приведены условные обозначения наиболее широко применяемых систем приборов. Эти обозначения и другие важнейшие характеристики приборов указываются на лицевой панели электрических измерительных приборов (рис.6.1).

Работа приборов магнитоэлектрической системы основана на взаимодействии поля постоянного магнита и подвижной катушки.

На рисунке 6.2 Слсмаличсlжи показана основная часть магнитоэлектрического измерительного механизма; подвижная катушка, расположенная в сильном равномерном радиальном магнитном поле.



Рисунок 6.1 - Шкала измерительного прибора

Подвижная катушка из тонкого медного или алюминиевого провода намотана на каркас (или без него). На оси подвижной части прибора укреплена стрелка, конец которой перемещается по шкале электрического измерительного прибора.

При протекании по катушке электрического тока согласно закону Ампера возникают силы  $F$ , стремящиеся повернуть катушку. При равенстве

вращающего  $M_{вр}$  останавливается и противодействующего  $M_{пр}$  моментов катушка останавливается.

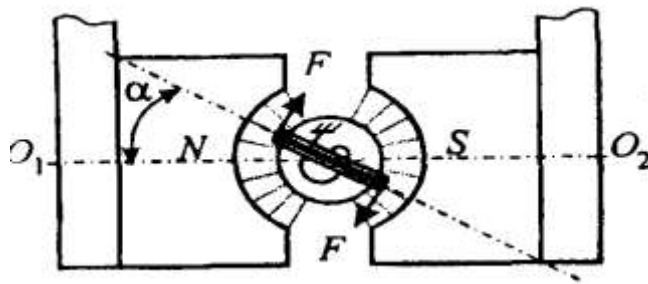


Рисунок 6.2. подвижная катушка в радиальном магнитном поле

Для создания противодействующего момента  $M_{пр}$  и одновременно для подвода тока в катушку служат две спирали.

Общее выражение для вращающего момента имеет вид:

(6.1.)

$$M_{вр} = dW/d\alpha$$

где  $W$  - энергия электромагнитного поля, сосредоточенная в измерительном механизме;

$\alpha$  - угол поворота подвижной части.

Энергия электромагнитного поля  $W$  равна работе  $g_j$  перемещению активной части провода катушки в постоянном магнитном поле с индукцией  $B$

Согласно закона Ампера сила  $F$ , действующая часть провода катушки при протекании по ней тока  $I$  равны:

$$F = I \times B \times \sin \varphi \quad (6.2)$$

где  $\varphi$  - угол между направлением тока в активной части провода и индукцией магнитного поля;

$l$  - длина активной части катушки.

В нашем случае  $\varphi = \pi/2$   $\sin \varphi = 1$ . Следовательно, работа по перемещению двух активных частей провода катушки, перпендикулярных плоскости чертежа (рис. 6.2), равна

$$A = W = 2F \times X = 2I \times B \times l \times r, \quad (6.3)$$

где  $X = r \times \alpha$  - длина траектории активной части провода;

$r$  - радиус траектории;

$\alpha$  - угол поворота катушки. Подставляя (6.3) в (6.1) получаем:

$$M_{вр} = \frac{dW}{d\alpha} = 2I \times B \times l \times r.$$

Так как противодействующий момент  $M_{вр}$  создается упругими элементами, то для установившегося режима

$$M_{пр} = M_{вр} \text{ или } W \varphi = 2I \times B \times l \times r.,$$

где  $W$  - удельный противодействующий момент, зависящий от свойств упругого элемента. Следовательно, угол поворота катушки  $\alpha$  пропорционален току  $I$ :

$$\alpha = \frac{2B \cdot l \cdot r}{W} \cdot I = S \cdot I, \quad (6.4)$$

где  $S$  - чувствительность измерительного механизма.

Как видно из (6.4) при перемене направления тока в катушке меняется на обратное и направление отклонения подвижной части и указателя (стрелки).

Для получения отклонения указателя в нужную сторону необходимо при включении прибора соблюдать указанную на приборе полярность

Достоинства приборов магнитоэлектрической системы: высокая чувствительность к измеряемой величине, высокая точность (класс точности 0,05 малое потребление мощности, малая чувствительность к внешним магнитным полям). Недостаток - возможность применения только в цепях постоянного тока.

В приборах электромагнитной системы в неподвижной катушке, по которой протекает измеряемый ток, создает магнитное поле, в которое втягивается, поворачиваясь на оси, ферромагнитный сердечник, намагничиваемый этим же полем. При этом втягивание происходит как при постоянном, так и при переменном магнитном поле, а угол поворота  $\alpha$  пропорционален квадрату силы измеряемого тока. Поэтому:

а) приборы электромагнитной системы могут применяться в цепях постоянного и переменного тока;

б) шкала прибора неравномерна, сильно сжата в начальной части.

Достоинства электрических измерительных приборов электромагнитной системы: простота и надежность конструкции, небольшое потребление мощности.

Недостатки: невысокая чувствительность к измеряемой величине, относительно низкая точность (класс точности до 1.0), большая чувствительность к внешним магнитным полям.

Вращающий момент электромагнитного измерительного механизма

$$M_{\text{вп}} = \frac{dW_{\text{э}}}{d\alpha} = \frac{d\left(\frac{L \cdot I^2}{2}\right)}{d\alpha} = \frac{1}{2} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}.$$

Если противодействующий момент создается с помощью упругих элементов, то для режима установившегося отклонения

$$M = W\alpha \quad \text{и} \quad \alpha = \frac{1}{2W} \cdot I^2 \cdot \frac{dL}{d\alpha}. \quad (6.5.)$$

## 6.2 Основные характеристики электрических измерительных приборов

6.2.1 Статическая характеристика. Статическая характеристика измерительного прибора - зависимость выходного сигнала  $y$  от входного сигнала  $x$  в статическом режиме работы указанного прибора.

Статическая характеристика в общем случае описывается нелинейным уравнением

$$y = f(x),$$

Так, например, для электронных измерительных приборов магнитоэлектрической системы статической характеристикой будет являться уравнение (6.3), в котором входным сигналом будет являться электрический

$$A = SI,$$

Поскольку

$$S = \frac{2 \cdot B \cdot L \cdot r}{W} = \text{const}$$

то статическая характеристика электроизмерительного прибора магнитоэлектрической системы линейная.

6.2.2. Погрешность. Абсолютная погрешность прибора в данной точке диапазона измерения равен:

$$\Delta = x - x_u$$

где  $x$  - показание прибора;

$x_u$  - истинное значение измеряемой величины.

Однако в связи с тем, что истинное значение чаще всего неизвестно, вместо него используется действительное значение:  $x_d$ , в качестве которого применяют либо среднее арифметическое значение ряда измерений, либо показания образцового прибора.

Очевидно, что абсолютная погрешность прибора выражается в тех же единицах, что и измеряемая величина.

Абсолютная погрешность прибора не характеризует в полной мере точность измерения, поэтому при измерениях определяется также *относительная погрешность* - отношение абсолютной погрешности к истинному (действительному) значению измеряемой величины

$$\delta = \frac{\Delta}{x_u} = \frac{\Delta}{x_d}, \quad (6.7.)$$

или в процентах

$$\delta(\%) = \frac{\Delta}{x_d} 100\%. \quad (6.8.)$$

*Приведенная* погрешность у электрического измерительного прибора равна отношению абсолютной погрешности к нормирующему значению  $x_N$ , которое принимается равным верхнему пределу измерений (если нулевая отметка находится на краю или вне шкалы) или диапазону измерения (если нулевая отметка находится внутри диапазона измерения)

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_N}, \quad (6.9)$$

или в процентах

$$\gamma(\%) = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100$$

(6.9)

Погрешность электроизмерительного прибора зависит от условий проведения измерений. Различают *основную* и *дополнительную* погрешности.

Основная погрешность - это погрешность, существующая при нормальных условиях, которые указаны в нормативных документах, регламентирующих правила испытания и эксплуатации электроизмерительных приборов.

Под нормальными условиями, например, могут пониматься: температура окружающей среды  $(+20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;

положение прибора горизонтальное, с отклонением от горизонтального не превышающим  $\pm 2^\circ$ ; относительная влажность  $(65 \pm 15)\%$ ;

. практическое отсутствие внешних магнитных и электрических полей; . частота питающей сети  $(50 \pm 1)$  Гц и так далее.

Дополнительная погрешность возникает при отклонении условий испытания и эксплуатации прибора от нормальных.

Например, приведенная погрешность электронно-измерительных приборов при нормальных условиях не превышает 1%. Если же температура окружающей среды лежит вне указанного в нормальных условиях диапазона, то приведенная погрешность может превышать 1%.

**6.2.3 Класс точности.** *Класс точности* электронных измерительных приборов - обобщенная метрологическая характеристика, определяемая пределами допустимых основной и дополнительной погрешностей.

Класс точности  $K$  стрелочных и самопишущих приборов, как правило, обозначается одним числом, равным максимально допустимому значению основной приведенной погрешности, выраженной в процентах:

$$K(\%) = \frac{\Delta}{x_N} \cdot 100 = \gamma \cdot 100 \quad (6.10.)$$

Электронные измерительные приборы делятся на 8 классов точности: 0.05; 0.1; 0.2; 0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 4.0.

Пример: Милливольтметр со шкалой до 50 мВ имеет класс точности Л" = 0,5. Определить максимальную абсолютную погрешность электронного измерительного прибора.

Решение:

Из (6.10) следует, что максимальная абсолютная погрешность при измерениях во всем диапазоне равна

$$K \times X_N \quad 0,5 \times 50$$

$$\Delta = \frac{\quad}{100} = \frac{\quad}{100} = \pm 0,25 \text{ мВ}$$

6.2.4 Вариация. *Вариация* показаний электроизмерительного прибора - это наибольшая разность его показаний при одном и том же значении измеряемой величины.

Основной причиной вариации является трение в опорах подвижной части прибора.

Вариацию определяют, сравнивая показания электроизмерительного прибора, считанные один раз после установки требуемого значения измеряемой величины подходом снизу (со стороны меньших значений), а другой раз - подходом сверху (со стороны больших значений).

6.2.5 Цена деления. *Цена деления* электроизмерительных приборов численно равна изменению измеряемой величины, вызывающему перемещение указателя (стрелки) на одно деление.

При равномерной шкале цена деления равна отношению предела измерения электроизмерительного прибора  $x_m$  к числу делений шкалы  $n$  :

$$c = x_m/n$$

6.2.6 Предел измерения *Предел измерения* электроизмерительного прибора значение измеряемой величины, при котором стрелка прибора отклоняется до конца шкалы. Электроизмерительные приборы могут иметь несколько пределов измерения (многопредельные приборы). При измерениях такими приборами на различных пределах цена деления будет различна.

6.2.7 Чувствительность. *Чувствительность*  $S$  электроизмерительного прибора - это отношение изменения сигнала на выходе электроизмерительного прибора  $\Delta y$  к вызвавшему его изменению измеряемой величины  $\Delta x$ :

$$S = \Delta y / \Delta x \quad (6.12)$$

В общем случае чувствительность

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{dy}{dx} \quad (6.13)$$

Следовательно, при нелинейной статической характеристике чувствительность зависит от  $x$ , а при линейной статической характеристике - чувствительность постоянна.

У электроизмерительных приборов при постоянной чувствительности шкала равномерная, то есть длина всех делений одинакова.

### 6.3 Измерение тока, напряжения и мощности

6.3.1 Измерение тока. Для измерения тока служат амперметры, миллиамперметры и микроамперметры. Эти приборы включаются последовательно в участок электрической цепи.

При этом необходимо, чтобы внутреннее сопротивление амперметра было мало по сравнению с сопротивлением участка электрической цепи, в которой он включен. В противном случае включение прибора вызовет су-

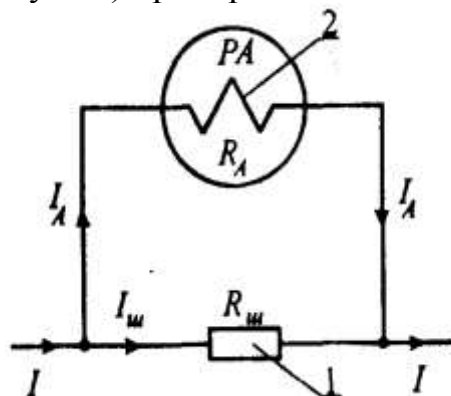


щественное изменена сопротивления и тока на данном участке электрической цепи, а так же изменение режима работы всей цепи.

Сопротивления катушек (рамок) электроизмерительных приборов составляют 1 ...2 кОм рассчитаны на полное отклонение стрелки при токе 100...500 мкД (что соответствует падению напряжения на приборе 0,1.-1 мкА). Следовательно, непосредственное включение электроизмерительного прибора возможно только при измерении малых токов до 500 кД в высокоомных электрических цепях.

Чтобы использовать данный прибор для измерения токов больших значений и снизить его внутреннее сопротивление применяют *шунты*.

Шунт представляет собой манганиновые пластины или стержни, впаянные в медные или латунные наконечники. Сопротивление шунта значительно меньше сопротивления рамки прибора. Шунт включается в электрическую цепь последовательно, а параллельно ему подключается рамки (катушка) прибора.



1 - шунт; 2 - рамка (катушка) прибора; I - измеряемый ток;  $I_{ш}$  - ток через шунт;  $I_A$  - ток через рамку прибора.

Рисунок 6.3 - Схема включения прибора с шунтом

По 1 закону Кирхгофа измеряемый ток в электрической цепи

$$I = I_A + I_{ш}$$

где  $I_A$  - ток через рамку прибора, А;

$I_{ш}$  - ток через шунт, А.

Так как  $r_A \gg r_{ш}$ , то  $I_A \ll I_{ш}$ , так что  $I_{ш} = I$ .

При параллельном соединении  $I_A \times r_A = I_{ш} \times r_{ш}$  или

$$I_A / I_{ш} = r_{ш} / r_A$$

Отсюда сопротивление шунта

$$I_A \times r_A = I_{ш} \times r_{ш}$$

$$r_{ш} = \frac{I_A \times r_A}{I_{ш}} = \frac{I_A \times r_A}{I - I_A}$$

$$r_{ш} = \frac{I_A \times r_A}{I - I_A}$$

или

$$r_{ш} = \frac{r_A}{n - 1},$$

n - 1

(6.14)

где  $n = \frac{I}{I_A}$  - коэффициент шунтирования.

**Пример:** Рамка прибора магнитоэлектрической системы имеет сопротивление  $r_A = 1500$  Ом и рассчитана на максимальное отклонение при токе  $I = 250$  мкА. Определить сопротивление шунта  $r_{ш}$  для измерения токов до 50 мА. **Решение:**

1. Определим коэффициент *шунтирования*  $n$  :

$$n = \frac{I}{I_A} = \frac{50 \times 10^{-3}}{250 \times 10^{-6}} = 200$$

2. Определяем сопротивление шунта

$$r_{ш} = \frac{r_A}{n - 1} = \frac{1500}{200 - 1} = 7,54 \text{ Ом}$$

В амперметрах, предназначенных для измерения токов до 100 А, шунты вмонтированы в корпус прибора и присоединены к контактным выводным зажимам.

В амперметрах, предназначенных для измерения токов более 100 А, шунты делаются наружными и присоединяются к ним при помощи специальных калиброванных проводников, так как иначе распределение токов будут неправильным.

Для расширения пределов измерения амперметров в цепях синусоидального (переменного) тока применяются *трансформаторы тока*, которые служат для преобразования больших токов в малые.

Первичная обмотка трансформатора тока, состоящая из малого числа витков, включается последовательно в цепь с измеряемым током.

Вторичная обмотка состоит из большого числа витков и в нее включаются измерительные приборы (амперметры), изолированные от высоковольтных и силовых проводов.

На паспорте в виде дроби указывается коэффициент трансформации трансформатора тока:

$$K = \frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1}$$

где  $I_1$  - ток первичной обмотки, А;

$I_2$  - ток вторичной обмотки, А;

$w_1$  - число витков первичной обмотки;

$w_2$  - число витков вторичной обмотки.

Например, 100/5 А означает, что данный трансформатор тока рассчитан на первичный ток 100 А и вторичный ток - 5 А. Коэффициент трансформации этого трансформатора  $K = 100/5 = 20$ .

Зная  $K$  и получив показания амперметра во вторичной цепи трансформатора тока  $I_2$  можно определить первичный ток

$$I_1 = KI_2$$

Большинство трансформаторов тока выпускаются с номинальным вторичным током 5 А.

**6.3.2 Измерение напряжения.** Для измерения напряжения служат вольтметры. Они подключаются параллельно участку, на котором необходимо измерить напряжение.

Внутреннее сопротивление вольтметра должно быть значительно больше сопротивления участка, к которому он подключается, так как в противном случае вольтметр будет оказывать влияние на токи в электрической цепи и результаты измерения будут содержать большую погрешность.

Для расширения пределов измерения вольтметров последовательно с ними включают *добавочные сопротивления*.

В приборах на напряжение до 300 В, добавочные сопротивления вмонтированы в корпус приборов или укреплены снаружи приборов.

Для измерения напряжений свыше 300 В добавочные сопротивления присоединяют к одному из выводных зажимов прибора.

Добавочные сопротивления рассчитывают так, чтобы в цепи с увеличенным напряжением по обмотке (рамке) вольтметра проходил тот же ток, что и при номинальном напряжении, на которое рассчитана обмотка.

Обмотка рассчитана на ток

$$I_V = U/r_V,$$

где  $I_V$  - ток, протекающий через рамку вольтметра, А;

$U$  - напряжение на рамке, В;

$r_V$  - сопротивление рамки, Ом.

При увеличении напряжения в цепи в  $n$  раз, ток  $I_V$  должен остаться прежним

$$\frac{nU}{r_V + r_{доб}} = \frac{U}{r_V} = I_V$$

Отсюда

$$(6.14) \quad r_{доб} = r_V \times (n - 1)$$

**Пример.** Вольтметром на 15 В необходимо измерить напряжение 150 В. Определить добавочное сопротивление, если внутреннее сопротивление вольтметра 900 Ом.

**Решение:**

1. Определим отношение измеряемого напряжения к напряжению вольтметра

$$n = 150/15 = 10$$

2. Добавочное сопротивление

$$r_{\text{доб}} = r_V \times (n - 1) = 900 \times 9 = 8100 \text{ Ом}$$

Для измерения высоких напряжений синусоидального тока применяют трансформаторы напряжения.

Первичная обмотка трансформатора напряжения включается параллельно потребителю и имеет большое число витков.

В паспорте трансформатора напряжения указывается отношение напряжений первичной и вторичной обмоток. Например 5000/100 означает, что номинальное напряжение первичной обмотки 5000 В, вторичной - 100 В.

Коэффициент трансформации напряжения

$$K = 5000/100 = 50$$

Зная  $K$  и напряжение вторичной обмотки  $U_2$ , можно определить первичное напряжение:

$$U_1 = KU_2$$

Большинство трансформаторов напряжения выпускается с номинальным вторичным напряжением 100 В.

**6.3.3 Измерение мощности электрического тока.** Для измерения мощности в цепях постоянного и в цепях синусоидального тока промышленной частоты применяются ваттметры, обеспечивающий непосредственный отсчет мощности по шкале.

Ваттметр электродинамической системы состоит из двух катушек (рамок):

- неподвижной, токовой из толстого провода, включаемой последовательно с потребителем;
- подвижной обмотки напряжения, выполненной из тонкого провода и включаемой параллельно потребителю.

При постоянном токе вращающий момент электродинамического прибора пропорционален произведению токов в его обмотках:

$$M_{\text{вр}} = kI_n I_n$$

где  $I_n$  - ток в неподвижной катушке, А;

$I_n$  - ток в подвижной катушке, А.

В ваттметре ток подвижной обмотки прямо пропорционален приложенному напряжению

$$I_n = U/R_n$$

где  $R_n$  - сопротивление подвижной катушки, Ом.

Следовательно, вращающий момент прямо пропорционален мощности. Поэтому электродинамический ваттметр имеет равномерную шкалу, то есть.

$$M_{\text{вр}} = kI_n U/R_n = kP$$

Вращающий момент электродинамического прибора, включенного в цепь синусоидального тока

$$M_{\text{вр}} = kI_n I_n \cos \varphi$$

то есть показания ваттметра пропорциональны току, напряжению и  $\cos \varphi$ , то есть активной мощности цепи  $P$ .

Ваттметр имеет четыре зажима, к двум выводится токовая обмотка, к другим двум - обмотка напряжения. Первая пара зажимов включается в измеряемую цепь последовательно, вторая - параллельно. Начала обмоток обозначаются звездочками (\*) и соединяются вместе. Это необходимо, чтобы токи в катушках пропускались в определенном направлении.

На шкале ваттметра указываются верхние пределы измерений тока и напряжения. Если, например на шкале ваттметра обозначено  $I=5$  А и  $U = 100$  В, это значит, что верхний предел измерения ваттметра  $P = 500$  Вт, то есть им можно измерять мощности до 500 Вт.

Очевидно, что цена деления ваттметра равна

$$c = P/n = IU/n$$

где  $n$  - число делений шкалы.