свойств грунта, материала здания. В местах, где грунт имеет плохую проводимость, например скалистый или песчаный, молния редко поражает даже высокие места. Поэтому вопрос об устройстве грозозащиты надо решать после выяснения, как часто бывают грозовые разряды на данном участке. Во многих местах Советского Союза из года в год наблюдается повышенная поражаемость отдельных участков населенного пункта, где почва имеет большую проводимость. Наиболее вероятная причина такой избирательности грозовых разрядов — более высокая проводимость грунта в данном месте, обусловленная выходом к поверхности хорошо проводящих глинистых и водоносных слоев.

Конструкция молниеотводов. Для защиты строений от прямых ударов молнии применяют молниеотвод (громоотвод), который состоит из трех основных частей (рис. 238): молниеприемника *1*, воспринимающего удар молнии, токоотвода *2*, соединяющего молниеприемник с заземлителем, и заземлителя *3*, который служит для отвода молнии в землю. Опора молниеотвода выполняется в виде деревянной мачты. В качестве опоры может служить дерево, высокие сооружения в виде башен, вышек и т. д. Мачта может быть выполнена также из стальных труб. Молниеприемники выполняют из стальных стержней, труб, уголковой стали и т. д. с поперечным сечением около 100 *мм*^{2}. При изготовлении молниеприемника из трубы ($\varnothing \geqslant {}^1/_2{}''$) ее верхний конец расплющивают. Молниеприемник устанавливают выше стоек не менее чем на 15 *см* и не более чем на 2 *м*. Токоотводы *2* выполняют из стальной проволоки ($\varnothing \geqslant 6$ *мм*) или ленты сечением 25—30 *мм*^{2}. Молниеприемник лучше присоединять сваркой. Токоотвод прокладывают вплотную к опоре или стене здания. От легковоспламеняющихся крыш (соломенных, тростниковых, щепяных и т. д.) токоотводы прокладывают на расстоянии 10—15 *см* по деревянным держателям. Молниеприемники и токоотводы следует окрашивать устойчивой краской во избежание их ржавления.

Заземление должно иметь сопротивление растеканию 10—20 *ом*. Его выполняют из уголковой стали, труб, круглой или полосовой стали, листов (см. гл. XIX). Заземлители располагают на расстоянии не менее 0,5—0,8 *м* от фундамента защищаемого здания, дальше от входов,

а при защите животноводческих помещений это расстояние должно быть 4—5 *м*. В глинистом, суглинистом и супесчаном грунте двух заземлителей длиной 2,5 *м* из уголковой стали (40×40 или 50×50 *мм*) или труб (диа-

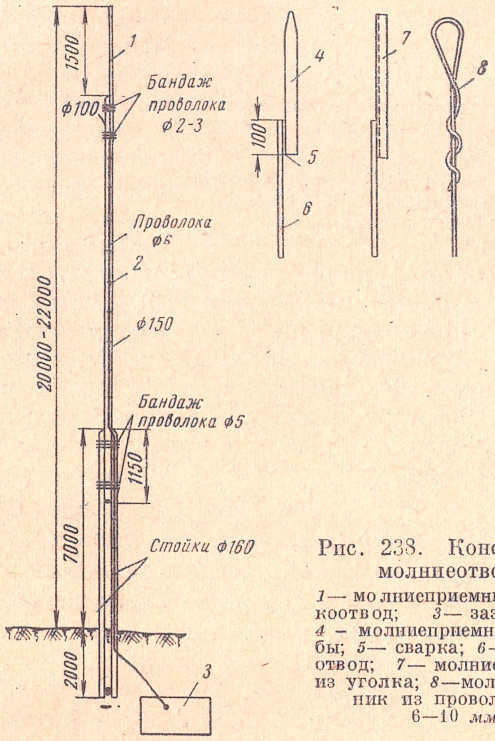


Рис. 238. Конструкция молниеотвода:

1— молниеприемник; *2*— токоотвод; *3*— заземлитель; *4* – молниеприемник из трубы; *5*— сварка; *6*— молниеотвод; *7*— молниеприемник из уголка; *8*—молниеприемник из проволоки Ø 6—10 *мм*

метром 40—60 *мм*) оказывается достаточно, чтобы получить сопротивление растеканию заземления 15—20 *ом*. В песчаном грунте следует взять три заземлителя. Наиболее целесообразное расположение заземлителей на расстоянии не менее 3—6 *м* друг от друга.

В местах с постоянно влажными верхними слоями грунта и там, где трудно забить трубы, выполняют протяженные (горизонтальные) заземлители из полосовой или круглой стали длиной 30—40 *м*. Большая длина заземлителей не увеличивает эффективности заземления.

При выполнении заземления из пластин их следует устанавливать вертикально. Если пластина одна, а размеры ее: a — длина (*м*) и b — ширина (*м*), то должно быть удовлетворено следующее условие: $\sqrt{ab} \geqslant 3$ *м*. Если пластин несколько, их общая площадь должна быть примерно равна площади квадрата со стороной 2,5—3 *м*.

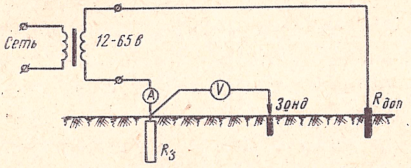


Рис. 239. Метод вольтметра и амперметра при измерении сопротивления растеканию заземлителя.

Для измерения сопротивления растеканию заземлителей используют измерители заземлений типа МС-0,7. Однако для этой цели можно воспользоваться методом вольтметра и амперметра (рис. 239). Для большей безопасности при измерении применяется трансформатор, имеющий вторичное напряжение 12÷36 *в*. Можно использовать сварочный трансформатор с вторичным напряжением 65 *в*. Расстояние между испытуемым заземлением $R_з$ и дополнительным электродом $R_{доп}$ должно быть 40—60 *м*, а между $R_з$ и зондом, к которому подключается вольтметр, не менее 20÷25 *м*. Дополнительный электрод может иметь сопротивление растеканию порядка десятков *ом*. Его назначение — создать цепь для измерительного тока через него и испытуемое заземление. Им может служить одна труба, забитая в землю и увлажненная. З о н д — это стальной стержень с заостренным концом, легко забиваемый в землю. Его назначение — получить в измерительной схеме точки с нулевым потенциалом.

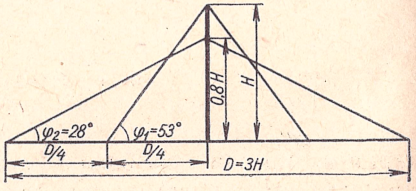


Рис. 240. Защитная зона одиночного молниеотвода.

Защитная зона одиночного стержневого молниеотвода. Вокруг одиночного стержневого молниеотвода образуется зона защиты, имеющая форму двойного конуса (рис. 240). Если высота молниеотвода H, то диаметр нижнего основания зоны защиты $D=3H$. Если объект находится пол-

ностью в зоне защиты молниеотвода, то прямой удар молнии практически не сможет поразить его.

При устройстве молниеотвода для защиты объекта необходимо проверить, будет ли эффективной грозозащита при выбранной высоте молниеотвода. Это выполняется графически (рис. 241). У основания защитной зоны строится контур защищаемого объекта в том же масштабе, что и молниеотвод. Затем проверяют, находятся ли в зоне защиты все детали объекта по высоте. С этой целью строят план объекта и зоны защиты на различных уровнях. На рисунке 241 эти уровни приняты на высоте конька крыши (сечение боковой проекции плоскостью *I*) и на уровне

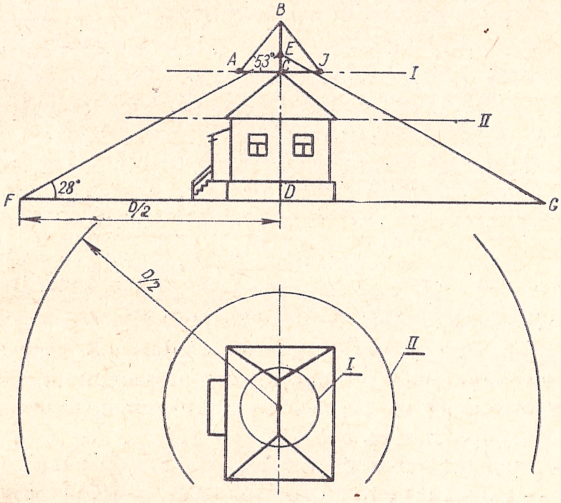


Рис. 241. Проверка эффективности грозозащиты здания.

карниза крыши (сечение боковой проекции плоскостью *II*). На плане видно, что конек крыши вписывается в окружность *I*, полученную в сечении зоны защиты на высоте конька, а карниз вписывается в окружность *II*.

Высоту одиночного стержневого молниеотвода можно определить, исходя из плана и боковой проекции объекта. Для этой цели на плане описывают окружность *I*, внутри которой должны разместиться детали объекта, выступаю-

щие наиболее высоко. Затем след плоскости этой окружности I наносят на боковой проекции объекта (отрезок AJ). Под углом 53 ° к нему проводят линию AB до пересечения с перпендикуляром, восстановленным из центра окружности I. Полученный отрезок BC в масштабе проекций объекта представляет высоту молниеотвода над коньком здания.

Далее проверяют зону защиты выступающих деталей объекта. Для этой цели на перпендикуляре BD находят точку E на уровне 0,8 общей высоты DB. В эту точку под углом 28° к горизонтали проводят линии FE и GE, которые при вращении их вокруг оси BD образуют зону защиты молниеотвода высотой DB.

Защитная зона двойного молниеотвода. Двойные молниеотводы устанавливают на вытянутых объектах, например скотных дворах, мастерских и т. д.

На рисунке 242 показано, как определяют зону защиты двойного молниеотвода. Боковые зоны защиты молниеотводов M_{I} и M_{II} строят аналогично предыдущему. Затем из точки A, лежащей посредине между молниеотводами, восстанавливают перпендикуляр AB высотой $4H$, где H — высота молниеотвода. Из точки B через вершины молниеотводов проводят дугу окружности радиусом R. Эта дуга является верхней границей зоны защиты между молниеотводами.

Защитная зона в плане у основания заземлителей представляет собой площадь, перекрываемую окружностями, проведенными из проекций молниеотводов на горизонтальную плоскость с радиусом 1,5 H. В средней части зоны откладывают отрезки AD и AE, равные $1{,}5H_0$, где H_0 — высота условного молниеотвода, восстановленного в точке A. Из точек D и E проводят касательные к окружности I и II. Зону защиты в сечении плоскости $DAEA'$ находят так же, как для одиночного молниеотвода, высотой $H_0 = AA'$. Чтобы выяснить, все ли элементы защищаемого здания входят в зону защиты молниеотводов, необходимо построить очертание защитных зон на различных высотах и контуры здания на тех же высотах, в том же масштабе. Накладывая контуры здания на контуры защитных зон, проверяют способность защитного устройства. На рисунке 242 показано построение защитных зон на различных высотах. При построении этих зон на боковой проекции защитной зоны на принятых заранее

высотах проводят линии *I*, *II* и т. д., представляющие собой следы от горизонтальных плоскостей. Для основания молниеотводов и для принятых сечений строят защитные зоны в горизонтальной проекции так, как это было показано на рисунке 241.

Для некоторых сельскохозяйственных объектов целесообразно выполнять двойной молниеотвод разной высоты,

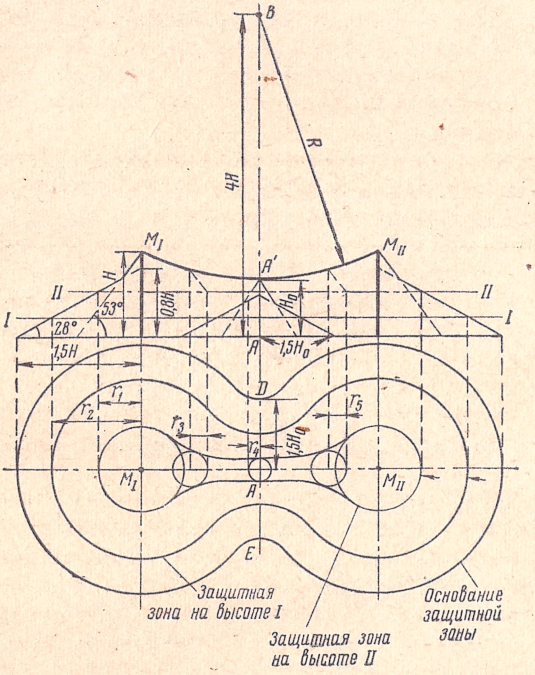


Рис. 242. Зона защиты двойного молниеотвода.

например на силосной башне и на животноводческом помещении. В этом случае построение защитных зон ведется так, как показано на рисунке 243. Для каждого молниеотвода зону защиты строят отдельно. Затем из вершины низшего молниеотвода H_1 проводят горизонтальную линию до получения точки A на защитной зоне молниеотвода H_2. Расстояние от этой точки до земли рассматривается как некоторый фиктивный молниеотвод, взаимодействующий

с молниеотводом H_1. Участок защиты между ними строят, как было показано на рисунке 242.

Зоны защиты многократного стержневого молниеотвода. Многократным стержневым молниеотводом называется группа из трех, четырех и более одиночных стержневых молниеотводов. Они применяются для защиты больших объектов и площадей.

Зоны защиты определяют путем построения зон каждых двух соседних стержневых молниеотводов.

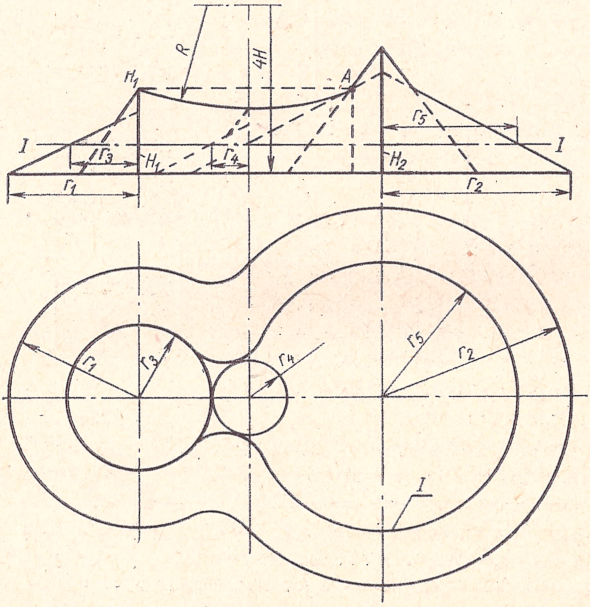


Рис. 243. Зона защиты двух молниеотводов различной высоты.

Другие виды молниеотводов. Кроме стержневых, применяются тросовые молниеотводы, состоящие из одного, двух и более параллельных тросов, горизонтально протянутых над защищаемыми объектами. Тросы соединяют между собой и заземляют. В целом они значительно сложнее стержневых молниеотводов и требуют бо́льших затрат материалов.

Если здание покрыто кровельным железом, грозозащиту целесообразно выполнить путем заземления крыши.

§ 4. Примеры грозозащиты сельскохозяйственных объектов

При защите животноводческих построек необходимо учесть то обстоятельство, что животные (особенно лошади) имеют большую чувствительность к шаговым напряжениям. Заземление молниеотводов поэтому следует удалять от строений, чтобы избежать опасных шаговых напряжений на хорошо проводящих полах внутри построек. Если животноводческая постройка значительной длины имеет сгораемую кровлю, грозозащиту целесообразно

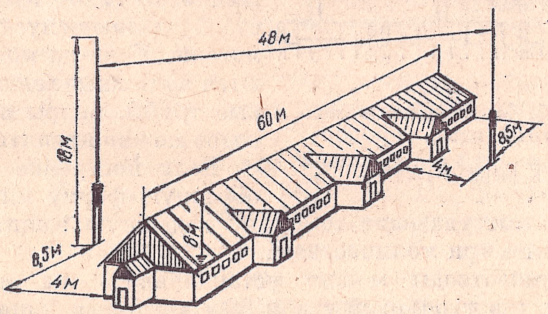


Рис. 244. Грозозащита коровника на 50 голов.

осуществить двумя стоящими отдельно стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми, как показано на рисунке 244, вместе с заземлением на расстоянии 4—5 *м* от стен постройки. Если животные могут находиться у места установки заземлителей, их следует огородить на расстоянии 3—4 *м*. На рисунке 244 показан один из наиболее целесообразных вариантов устройства грозозащиты коровника двумя стержневыми молниеотводами. Аналогичное расположение молниеотводов можно принять и при других размерах построек такой конфигурации. В каждом отдельном случае следует проверить защитную зону, как это было показано выше.

Другой метод грозозащиты данной постройки — это установка опор молниеотводов вдоль конька крыши с креплением их к стропилам и ригелям покрытия. В месте прохода через крышу устраивают фартуки из кровельного железа. Места соприкосновения с опорой промазывают битумом. Расстояние между молниеотводами принимается

от 20 до 30 *м* и высота над коньком крыши от 3 до 6 *м*, в зависимости от угла наклона и ширины постройки. Во всех случаях необходимо проверить защитную зону (рис. 245).

Диаметр опоры в верхнем отрубе 10 *см*. Токоотвод из стальной проволоки диаметром 6 *мм*, которая выступает над верхушкой опоры на 30 *см*. На высоте 2 *м* от конька крыши спуск прикрепляют к опоре вязальной проволокой и перебрасывают на столб высотой $H=5$ *м*, устанавливаемый в 10 *м* от здания. По столбу делают спуск к заземлителю. Если на крыше имеются вытяжные вентиляционные трубы, опоры молниеотводов можно крепить к ним.

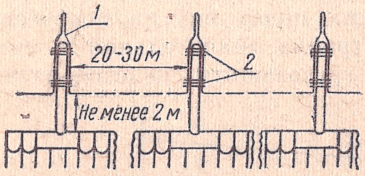


Рис. 245. Многократные молниеотводы вдоль крыши:
1 — проволока Ø 6 *мм*; *2* — бандаж проволокой Ø 4—5 *мм*.

Если постройка имеет Т-образную форму или значительно выступающие тамбуры, надежную защиту могут обеспечить три молниеотвода.

Молниеотводы можно устанавливать на силосных башнях (из уголковой стали 50×50×5 *мм*, длиной 5 *м*). Над крышей башни молниеотводы возвышаются на 2,65 *м*. При защите водонапорной башни молниеотвод должен возвышаться на 2,5 *м* над крышей.

Для грозозащиты производственной мастерской могут быть использованы четыре молниеотвода (по углам). Грозозащита может быть также осуществлена установкой многократных молниеотводов по краю верхней части крыши, возвышающихся на 3—5 *м*. На трубах, которые не попадают в зону защиты этих молниеотводов, устанавливают дополнительные молниеприемники, выступающие на 15—20 *см* над трубой.

Если грозовые разряды приносят ущерб в различных частях населенного пункта, можно поставить грозозащиту для всего населенного пункта. Для этой цели необходимо установить молниеотводы высотой 22 *м* на расстоянии 100 *м* друг от друга вдоль линий домов.

Во всех случаях при устройстве грозозащиты в первую очередь нужно уложить заземлители. Молниеотводы и токоотводы после их установки следует немедленно подключать к заземлителям.

§ 5. Меры по грозозащите при устройстве наружных антенн приемников и телевизоров в сельской местности

Случаи попадания молнии в антенну чрезвычайно редки. В антеннах для радиоприемников, имеющих значительную горизонтальную длину и высоту, во время грозовых разрядов в непосредственной близости от них индуктируются статические заряды, которые могут повредить приемник. Статические заряды в антенне могут скопиться и при отсутствии грозы, но при сильном сухом и пыльном ветре. Для предохранения установки от повреждения следует устанавливать грозовые переключатели и грозоразрядники (искроразрядники). В летнее время, когда прием не производится, антенну следует держать заземленной. При приближении грозы следует прекращать прием и заземлять антенну.

На рисунке 246 показано, как должна быть выполнена антенна. Изображено два возможных варианта грозозащиты. Первый (рис. 246, *а*) — с грозоразрядником и грозовым переключателем антенны на прием и заземление. При отсутствии переключателя можно использовать вариант с грозоразрядником (рис. 246, *б*). На рисунке 246, *в* показано три варианта устройства заземления для радиоприемной антенны. Для этой цели могут быть использованы труба *1*, старое ведро *2*, к которому надежно припаивается провод заземления. Можно также использовать моток провода *3* в качестве заземлителя. Глубина заложения заземлителя 1—1,5 *м*. Если почва песчаная, заземлитель целесообразно засыпать слоем 10—15 *см* мелкотолченого древесного угля и плотно утрамбовать его. Целесообразно также увлажнить место заложения заземлителя.

При устройстве антенны необходимо соблюдать следующее правило безопасности: в первую очередь выполнить заземление, ввести в помещение ввод антенны, а затем поднять антенные мачты. Очень опасно, стоя на земле, держать ввод поднятой антенны в руках; даже в сухую ветреную погоду в антенне могут появиться статические заряды. Сетевые приемники в большинстве случаев не нуждаются в подсоединении корпуса к заземлению, так как роль заземления частично выполняет сеть. Но в некоторых случаях заземление способствует уменьшению фона

переменного тока. Батарейные приемники при наличии заземления всегда работают лучше, чем без него. Однако всегда необходимо иметь заземление для антенны на случай грозы.

При устройстве заземления телевизионной антенны (рис. 247) к антенному фидеру у приемника подключают двойной провод длиной около 1500 *мм* (для Московского телецентра). При разомкнутых противоположных концах эти два провода замыкают в различных точках, начиная от концов (изоляцию прорезают и замыкают ножом, рис. 247, *а*). По наибольшей контрастности изображения определяют точку замыкания, в которой провода соединяют и заземляют. К этой точке можно также подключать радиоприемник. Тогда место спая переключают на заземление во время грозы. Заземляющий проводник можно отвести от антенны, как показано на рисунке 247, *б*.

§ 6. Грозозащита сельских линий передач и сетей

Как отмечалось, во время грозы в проводах низковольтных сетей возникают атмосферные перенапряжения в результате прямого удара молнии в провода воздушных линий или из-за индукции под действием грозовых разрядов в стороне от линии. Эти потенциалы при отсутствии грозозащиты заносятся в здания и могут быть причиной пожара или поражения человека.

Для уменьшения опасности заносов высоких потенциалов необходимо заземлять штыри или крюки линейных изоляторов и нулевой провод на вводах линий в здания, а также заземлять крюки и нулевой провод на первой опоре от ввода и через каждые 5—6 пролетов линии и на ее ответвлениях. Грозозащитные заземления совмещают с защитным повторным заземлением нулевого провода.

Атмосферные перенапряжения снижаются благодаря наличию емкостной связи крюк — провод через изолятор. Сопротивление растеканию грозозащитного заземлителя должно быть не более 50 *ом*. Он может быть выполнен протяженным (продолжение спуска молниеотвода стальным проводом ϕ 6 *мм*) или в виде спирали, наложенной продолжением молниеотвода на комель приставки, вкапываемой в землю, на длине 1 *м*.

Наиболее простая и надежная защита внутренней проводки домов, а значит, и людей от опасности поражения

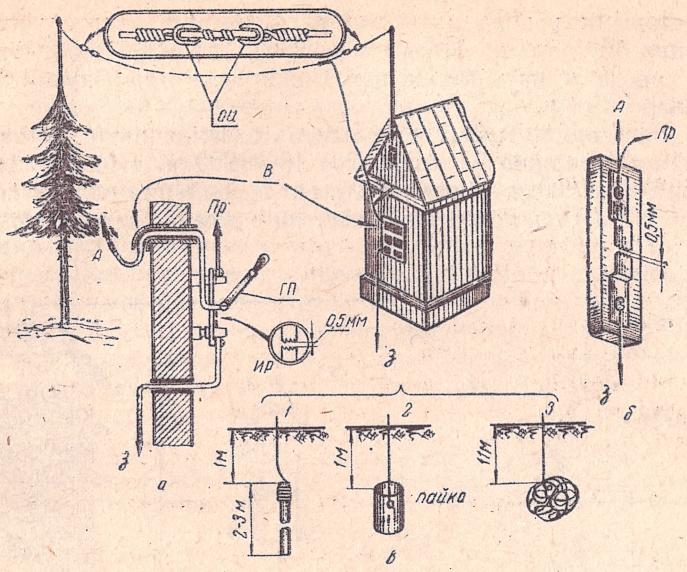


Рис. 246. Устройство наружной антенны с грозозащитой:

а — с грозовым переключателем *(ГП)* и искроразрядником *(ИР)*; *б* — только с искроразрядником; *в* — устройство заземления; *1* — труба; *2* — ведро; *3* — моток провода; *ОИ* — орешковые изоляторы; *з* — к заземлению; *А* — к антенне; *Пр* — к приемнику; *В* — ввод.

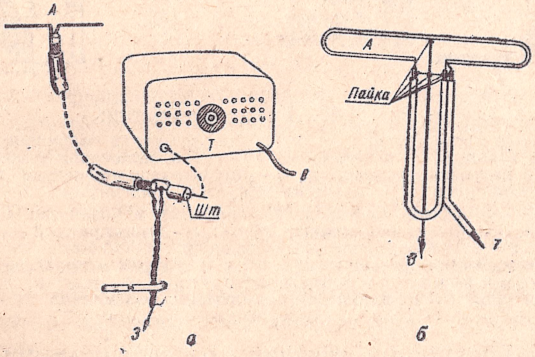


Рис. 247. Устройство заземления для телевизионной антенны:

Т — телевизор; *А* — антенна; *Шт* — штеккер; *С* — сеть.

грозовыми разрядами — это приближение очагов заземления к домам. Надо заземлять крюки изоляторов на вводе и на линиях через искровые промежутки 5—8 *мм*.

Расстояние между отдельными заземленными точками на линии должно быть не более 100—200 *м*. При расстоянии более 200 *м* защитный эффект заземления сильно снижается. Лучше, если каждый ввод в дом находится между

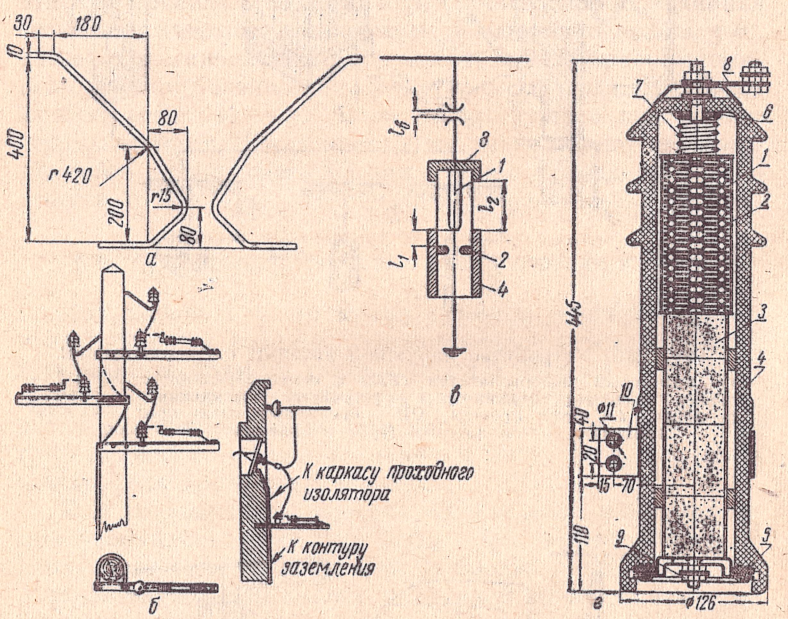


Рис. 248. Грозоразрядники:

а — защитный промежуток; *б* — установка трубчатых разрядников на опоре и на вводе в закрытую подстанцию; *в* — схема включения разрядника: l_1 — внутренний искровой промежуток; l_2 — промежуток на внешней поверхности винипластовой трубки; $l_в$ — внешний искровой промежуток; *1* — стержневой электрод; *2* — кольцевой электрод; *3* — закрытый наконечник; *4* — открытый наконечник; *г* — разрез разрядника РС-10: *1* — многократный искровой промежуток; *2* — бумажно-бакелитовый цилиндр; *3* — рабочее сопротивление; *4* — герметичный фарфоровый кожух; *5* и *6* — герметизирующее уплотнение из озоностойкой резины; *7* — спиральная пружина; *8* — контакт для подключения фазы сети; *9* — шпилька для подключения заземления; *10* — хомут для крепления.

двумя заземленными точками, расположенными на расстоянии не более 100—200 *м*. Если заземление только с одной стороны от ввода, то расстояние до него не должно быть более 50—80 *м*.

Со стороны высокого напряжения 6—10 *кв* на подстанциях устанавливают простые искровые промежутки и разрядники.

Защитный (искровой) промежуток. Защитный промежуток — простейшее устройство для защиты высоковольтных электроустановок от атмосферных перенапряжений. В настоящее время защитные промежутки вытесняются разрядниками. Защитный промежуток (рис. 248, *а*) изготавливают в виде усов из круглой стали диаметром не менее 10 *мм*. Длину искрового промежутка выбирают в зависимости от напряжения и наличия других защитных средств (табл. 41). Усы, которыми снабжен искровой промежуток, способствуют гашению дуги во время пробоя промежутка. Дуга вытесняется кверху, растягивается и гаснет.

Таблица 41

Размеры защитных и дополнительных промежутков в зависимости от напряжения в сети

Номинальное напряжение установки (*кв*)	Величина защитных промежутков (*мм*)		Дополнительный промежуток в заземляющем спуске (*мм*)
	на подстанциях, где применены и другие грозозащитные аппараты	на подстанциях, где отсутствуют другие грозозащитные аппараты	
3	20	10	5
6	40	20	10
10	50	30	15
20	180	120	20

В заземляющем спуске необходим дополнительный промежуток для того, чтобы предотвратить отключение установки при случайных перекрытиях защитного промежутка (птицами, при засорении). Основные недостатки защитных промежутков следующие: 1) отсутствуют дугогасительные устройства, что приводит к отключению установки (трансформаторной подстанции) при пробое, поэтому необходимо устраивать автоматическое повторное включение АПВ; 2) не всегда надежна грозозащита трансформаторов на подстанции.

Вентильные и трубчатые разрядники. Вентильный разрядник представляет собой последовательное соединение искровых промежутков с сопротивле-

нием, величина которого меняется в зависимости от приложенного напряжения. Чем больше приложенное напряжение (при перенапряжениях), тем меньше величина сопротивления. В качестве сопротивления используется вилит — специально разработанный для этой цели материал.

Вилитовый разрядник на 6 *кв* состоит из семи последовательно соединенных искровых промежутков и шести вилитовых дисков. Промежутки и диски заключены в герметический фарфоровый кожух. Верхний контакт присоединяется к проводу сети, нижний — к заземлителю. Вилитовые разрядники изготавливают и для низковольтных сетей — до 500 *в* и для высоковольтных сетей — до 220 *кв*. По назначению они делятся на три типа: станционные разрядники (РВС), разрядники для защиты вращающихся машин (РВВМ) и подстанционные разрядники (РВП), отличающиеся конструкцией искровых промежутков и величиной напряжения срабатывания. Вентильные разрядники — лучший вид разрядников, они широко применяются в электрических установках всех типов. При обозначении вентильных разрядников за буквенным обозначением указывается рабочее напряжение: например, РВС-6, РВВМ-3, РВП-10, соответственно на 6; 3 и 10 *кв*.

Трубчатый разрядник состоит из внешнего и внутреннего искровых промежутков, соединенных последовательно (рис. 248, *б* и *в*). Внутренний промежуток расположен в трубке из материала, который выделяет газы под воздействием дуги (фибра, органическое стекло или винипласт). При грозовом разряде искровые промежутки пробиваются и ток разряда уходит в землю, благодаря чему величина перенапряжения уменьшается. Одновременно через разрядник идет ток короткого замыкания рабочей частоты. Это приводит к образованию в трубке электрической дуги. Под действием высокой температуры дуги стенки трубки бурно выделяют большое количество газов, которые вырываются из трубки под большим давлением (100—500 *ат*) и выдувают дугу. Дуга гасится в течение 1—2 периодов тока. Внешний искровой промежуток служит для того, чтобы трубка разрядника не находилась под напряжением.

Трубчатые разрядники изготавливают на напряжение до 110 *кв*. Для определения срабатывания разрядника имеется указатель действия в виде бронзовой полоски,

которая выдувается газами при срабатывании разрядника. Трубчатые разрядники выходят из строя обычно после 6—7 коротких замыканий при максимальном токе к. з. Внутренний диаметр при этом увеличивается, уменьшается давление, деионизация идет медленнее и разрядник не в состоянии прерывать сопровождающий ток. Разрядники РВП (вентильные подстанционные) предназначены для защиты изоляции электрооборудования от атмосферных перенапряжений и применяются в открытых и закрытых электроустановках с напряжением 3, 6 и 10 *кв* (соответственно РВП-3; РВП-6; РВП-10). В зависимости от напряжения разрядники имеют то или иное число вилитовых дисков. И пробивное напряжение для указанных разрядников соответственно равно 9—11; 16—19; 26—30 *кв*.

Разрядник РС-10 предназначен для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электрооборудования сельских электрических установок с напряжением 10 *кв* и током короткого замыкания от 30 *а* и выше. Импульсное пробивное напряжение — 26—30,5 *кв*. Разрядник РС-10 является модификацией разрядника РВП-10 и отличается от последнего высотой столба рабочих сопротивлений и количеством единичных искровых промежутков. Разрез разрядника РС-10 представлен на рисунке 248, *г*.

§ 7. Эксплуатация грозозащитных устройств

Над вентильными и трубчатыми разрядниками необходимо установить тщательный надзор и контроль. Ежегодно следует проводить их ревизию. Вентильные разрядники рекомендуется ежемесячно осматривать, обращая внимание в первую очередь на целость фарфоровых чехлов. Металлические части должны быть защищены от коррозии. Фарфор нужно систематически очищать от загрязнения. Основной контроль за состоянием разрядника заключается в ежегодном измерении токов проводимости при постоянном напряжении на специально оборудованном стенде. Все мероприятия по эксплуатации вентильных разрядников проводят согласно «Инструкции по монтажу, профилактике и ревизии вентильных разрядников».

Трубчатые разрядники осматривают при каждом обходе линии. При осмотре устанавливают положение инди-

катора срабатывания. Если он сработал, то тщательно осматривают в бинокль, нет ли следов повреждения на трубке, арматуре, изоляторах, траверсе опоры, не разрегулировался ли искровой промежуток. Случаи срабатывания разрядников регистрируют в специальном журнале. При обнаружении повреждений на разряднике его заменяют новым.

В конце грозового сезона проводят верховую ревизию разрядников РТ и РТВ, покрытых атмосферостойким лаком. Разрядники, имеющие видимые повреждения, отправляют в ремонт. Достаточным признаком для отбраковки является наличие даже мельчайших трещин, потемнения или сморщивания лаковой пленки. Разрядники, прошедшие ревизию, оставляют на опорах. Для предотвращения возможного повреждения при снегопадах разрядник поворачивают так, чтобы расстояние от проводов до электрода разрядника было не меньше 0,3 *м* при напряжении сети 3—10 *кв*.

Перед началом грозового сезона проводят основную ревизию разрядников. Их снимают и осматривают на земле, проверяют дугогасящий канал и внутренний искровой промежуток (с помощью специального щупа). Вывинчивают и осматривают стержневой электрод. Периодическим осмотрам должны подвергаться и молниеотводы, защищающие постройки и здания. Перед началом грозового сезона проводят ревизию, в которую входит проверка целости всех токоотводов (внешний осмотр). Проверяют надежность соединений токоотводов и их крепление. Если верхняя часть молниеприемника выгорела (от разрядов) и укоротилась, его следует восстановить до начальных размеров, подсоединив новый кусок стержня трубы или катанки.

Необходимо проверить также состояние частей деревянных опор, которые подвержены гниению. При загнивании опоры на 30—40% по площади сечения ее нужно заменить новой или укрепить приставками.

Состояние заземлителей проверяют не реже одного раза в 2 года путем измерения сопротивления растеканию способами, указанными выше. Если сопротивление растеканию увеличилось на 20% выше допустимого, нужно уложить новые заземлители. Если грозозащита общественных зданий и сооружений выполнена вновь, то необходимо провести прием ее в эксплуатацию с оформлением соответствующей документации.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ДЛЯ ПРИВОДА МАШИН, ОСВЕЩЕНИЯ, ОБЛУЧЕНИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛА

Глава XXIII

Электропривод в сельском хозяйстве

§ 1. Общие сведения об электроприводе. Механические характеристики приводов

Совокупность двигателя, передаточного механизма и рабочей машины называют производственным агрегатом или машинным устройством.

Часть производственного агрегата, состоящая из двигателя и передаточного механизма к рабочей машине, называется приводом. Привод, в котором в качестве двигателя используется электродвигатель, называется электроприводом. Понятие «электропривод», таким образом, объединяет электродвигатель, аппаратуру управления двигателем и передаточный механизм к рабочей машине.

Кроме электропривода, в сельском хозяйстве используется ручной привод, конный, механический (ветроколесо, водяное колесо, тепловой двигатель и т. д.).

Электропривод по числу машин, приходящихся на электродвигатель, подразделяется на групповой, одиночный и многодвигательный.

Групповым электроприводом называется такой привод, при котором от одного электродвигателя приводится в действие несколько машин при помощи одной или нескольких трансмиссий. Движение от двигателя к рабочим машинам передается по трансмиссионным валам. Такой привод в настоящее время не выполняют, так как в трансмиссионных валах большое количе-

ство энергии тратится на преодоление потерь на трение. Но такие приводы кое-где сохранились на старых предприятиях, где тепловая машина или водяное колесо были заменены электродвигателем. Тепловая или водяная машина имели большую мощность в одной единице, а дробить эту мощность не представлялось возможным.

Групповой привод в настоящее время встречается также там, где электрифицируется старое предприятие или машины используются редко, а потому применять двигатели на каждой из машин нерентабельно.

Одиночный привод может быть простым одиночным электроприводом или индивидуальным. В простом одиночном электроприводе двигатель связан с машиной через какую-либо передачу. Примером такого привода может служить электропривод вакуум-насоса доильного агрегата.

В индивидуальном электроприводе электродвигатель конструктивно приспосабливают к рабочей машине таким образом, что отдельные части электродвигателя одновременно являются частями рабочей машины. Примером этому может служить электросверло, электровентилятор и др.

Многодвигательный электропривод встречается на сложных машинах, в которых отдельные рабочие органы приводятся отдельными двигателями. Широко распространен многодвигательный привод в сложных металлообрабатывающих станках, прокатных станах в металлургической промышленности, в машинах для приготовления комбикормов, инкубаторах и т. д. По способу управления электроприводы могут быть разделены на следующие группы:

1) неавтоматизированный привод, то есть управляют агрегатом вручную;

2) автоматизированный электропривод, когда управление (включение и выключение) осуществляется автоматически от воздействия внешнего фактора (например, температуры в инкубаторах и хранилищах, уровня воды в водонапорных башнях и т. п.);

3) полуавтоматический электропривод, когда, например, включают двигатель вручную, а выключается он автоматически.

При выборе электродвигателя для привода машин необходимо знать механические характеристики произ-

водственных механизмов или рабочих машин и механические характеристики электродвигателей (рис. 249).

Механической характеристикой производственного механизма называют зависимость между скоростью и моментом сопротивления на его валу:

$$n = f(M_c). \qquad (219)$$

Механической характеристикой электрического двигателя называется зависимость его скорости от момента вращения:

$$n = f(M_{дв}). \qquad (220)$$

При выборе двигателя для привода машины стремятся к тому, чтобы механические характеристики электродви-

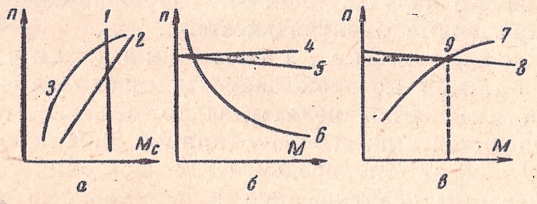


Рис. 249. Основные механические характеристики:

а — производственных механизмов; *б* — электрических двигателей; *в* — определение рабочей точки системы двигатель —механизм; *1*— не зависящая от скорости вращения; *2* — прямолинейно-возрастающая; *3* — параболлическая; *4* — абсолютно жесткая; *5*— жесткая; *6*— мягкая; *7*— машины; *8*— двигателя; *9* — рабочая точка.

гателя соответствовали механическим характеристикам машины. Кроме того, двигатель должен удовлетворять ряду других требований производственного механизма: иметь достаточные пусковые и перегрузочные усилия и т. д.

У производственных механизмов механические характеристики разделяются на следующие категории.

1. Не зависящая от скорости механическая характеристика (прямая *1* на рис. 249, *а*). Момент сопротивления M_c не меняется при изменении скорости. Такие характеристики имеют подъемные краны, лебедки, транспортеры с постоянной массой передвигаемого материала и т. д.

2. Прямолинейно возрастающая механическая характеристика (прямая *2*). Такую характеристику имеет, например, генератор с независимым возбуждением, который работает на постоянное сопротивление во внешней цепи.

3. Параболическая механическая характеристика (кривая *3*). Такую характеристику имеют центробежные насосы, вентиляторы и др. Здесь момент сопротивления машины зависит от квадрата скорости.

У двигателей механические характеристики разделяются на следующие категории.

1. Абсолютно жесткая механическая характеристика, когда скорость вращения электродвигателя не изменяется при изменении момента на его валу (прямая *4*). Такую характеристику имеют синхронные электродвигатели.

2. Жесткая механическая характеристика, при которой скорость вращения электродвигателя изменяется незначительно в зависимости от изменения момента на его валу (прямая *5*). Такую характеристику имеют электродвигатели постоянного тока с параллельным возбуждением и асинхронные электродвигатели в пределах рабочей части механической характеристики.

3. Мягкая механическая характеристика, при которой скорость вращения электродвигателя с увеличением момента на его валу значительно уменьшается (кривая *6*). Такую характеристику имеют электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением.

В установившемся режиме работы агрегата двигатель — рабочая машина момент сопротивления машины равен вращающему моменту электродвигателя при вполне определенной скорости вращения (рис. 249, *в*). Если момент сопротивления на валу рабочей машины изменится, то автоматически изменятся вращающий момент и скорость вращения электродвигателя, агрегат будет продолжать работать при новой скорости вращения, с новым значением момента.

При проектировании электропривода механическая характеристика производственного механизма обычно известна. А для получения устойчивой работы агрегата

в установившемся режиме при определенных скоростях и моментах сопротивления производственного механизма необходимо подобрать двигатель с соответствующей механической характеристикой.

Механические характеристики электродвигателей разделяются на естественные и искусственные.

Естественная механическая характеристика представляет собой зависимость оборотов от момента в нормальных условиях работы электродвигателя при номинальном напряжении, приложенном к его обмоткам, и при отсутствии дополнительных сопротивлений в цепях его обмоток (другие величины тоже номинальные).

Так, например, естественная характеристика электродвигателя постоянного тока с параллельным возбуждением строится при нормальном значении напряжения, магнитного потока и при внешнем сопротивлении в цепи якоря, равном нулю.

Искусственная механическая характеристика представляет собой зависимость скорости вращения от момента при наличии дополнительного сопротивления в цепи якоря или ротора. Большинству сельскохозяйственных производственных машин удовлетворяют характеристики асинхронных короткозамкнутых двигателей.

§ 2. Тепловой режим электродвигателя и выбор его мощности

Нагрев электродвигателей и их тепловой режим — важнейшие факторы, определяющие предельную нагрузку на электродвигатель. Нагрев двигателя обусловливается потерями в обмотках и потерями на вихревые токи в железе статора и ротора.

При включении двигателя в работу его температура повышается до тех пор, пока не установится тепловое равновесие, при котором все выделяющееся в двигателе тепло будет передаваться окружающей среде, и дальнейший рост температуры прекратится.

На рисунке 250 характер нагрева двигателя (зависимость температуры двигателя от продолжительности работы) представлен графически. Допустимый нагрев до $v_{уст}$ определяется в основном теплостойкостью изоляции двигателя. Изоляция по своей теплостойкости делится на ряд

классов. К классу А относятся пропитанные или погруженные в масло волокнистые материалы, а также эмаль. Наибольшая допустимая температура для этого класса изоляции 105°. К классу В относятся изделия из слюды и асбеста, содержащие вяжущие вещества. Наибольшая температура нагрева 120°. К классу ВС относятся изделия из слюды, стеклянной пряжи и асбеста на теплостойких лаках. Наибольшая температура нагрева 135° и т. д. Температуру окружающей среды при анализе тепловых режимов принято считать +35°.

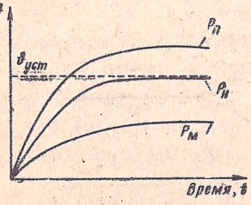


Рис. 250. Характер нагрева электродвигателя в зависимости от нагрузки:

$P_м$ — двигатель недогружен; $P_н$ — номинальная нагрузка; $P_п$ — двигатель перегружен.

В зависимости от нагрузки электродвигателя его установившаяся температура может меняться в широких пределах. При номинальной нагрузке температура обмоток двигателя будет достигать максимально допустимого значения, установленного для данного класса изоляции (кривая $P_н$). При перегрузке двигателя его температура значительно превзойдет допустимую (кривая $P_п$). При недогрузках двигателя температура его будет меньше допустимой (кривая $P_м$). Длительная перегрузка недопустима по той причине, что изоляция может обуглиться, и двигатель выйдет из строя.

Практически не представляется возможным замерить действительную температуру нагрева, поэтому введено понятие наибольшей наблюдаемой температуры, которая принимается на 10° меньше соответствующих максимально допускаемых температур для классов изоляции.

На практике двигатель для рабочей машины можно подбирать по справочным данным или по рекомендациям завода — изготовителя машины, которые указываются в технической документации к машине. В свою очередь, эти рекомендации даются на основании проведенных технических расчетов и опытов.

При выборе мощности электродвигателя для машины в первую очередь учитывают характер нагрузки, которую будет выполнять электродвигатель. В зависимости от продолжительности и характера нагрузки принята следую-

щая классификация режимов работы электродвигателя: длительный, повторно-кратковременный и кратковременный.

В длительном режиме с постоянной нагрузкой работают насосы, вентиляторы, транспортеры и др. Некоторые машины работают в длительном режиме с переменной нагрузкой, в частности молотилки, молотковые мельницы, соломосилосорезки, металлорежущие станки и др. Во всех этих случаях рабочий период настолько велик, что температура обмоток достигает установившегося значения (рис. 251, *а* и *б*).

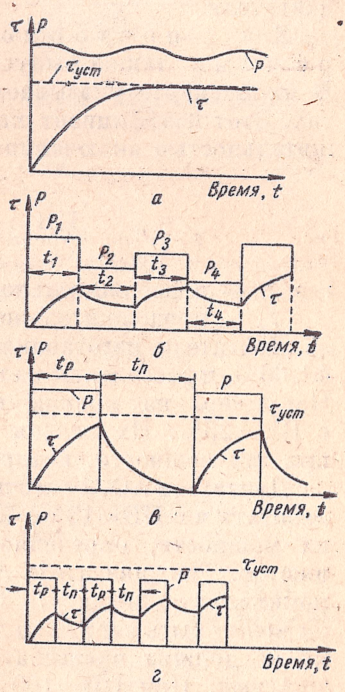


Рис. 251. Характеры нагрузки и нагрева двигателя при длительном режиме работы (*а*) и (*б*), кратковременном (*в*) и повторно-кратковременном (*г*).

Кратковременным режимом работы называется такой режим, при котором температура двигателя за рабочий цикл не успевает возрасти до установившейся, а за паузу между рабочими циклами температура двигателя успевает снизиться до первоначальной. Такой характер работы с длительными перерывами (рис. 251, *в*) имеют, например, двигатели, установленные для привода задвижек или щитов на оросительных трубах или каналах, на электростанциях и т. д.

Повторно-кратковременный режим работы — это такой режим, при котором за любой рабочий цикл температура не достигает установившейся величины, а за паузу двигатель не достигает полного охлаждения (рис. 251, *г*). Такой режим работы имеют некоторые станки (прессы, молоты и др.).

Для режима кратковременной нагрузки выпускаются специальные электродвигатели, в паспорте

которых указаны кратковременная мощность и время, в течение которого двигатель может работать при данной мощности (6, 10, 15, 30, 60, 90, 120 *мин*). Если двигатель будет работать более продолжительное время, чем указано в паспорте, но при той же мощности, то температура обмоток превысит максимально допустимую для данного двигателя.

Для повторно-кратковременного режима также выпускаются специальные двигатели. В их паспорте указывается коэффициент ПВ в процентах. Этот коэффициент называется относительной продолжительностью включения и определяется так (рис. 251, *г*):

$$\text{ПВ} = \frac{t_р}{t_р + t_п} 100\%, \qquad (221)$$

где $t_р$ — продолжительность работы;

$t_п$ — продолжительность паузы.

Двигатели изготавливаются для ПВ, равных 15, 26, 40, 60%, и рассчитаны на циклы $t_ц = t_р + t_п$ не более 10 *мин*. Например, на кранах используются электродвигатели с ПВ=25%. Их нельзя включать на длительное время при той мощности, которая указана в паспорте.

Двигатели АОС2 рассчитываются на ПВ=25%, но могут работать и с ПВ=15%, 40%, 60%, 100%. Соответственно их мощности, определяемые тепловым режимом, изменяются. Так, двигатель АОС2-52-2 для ПВ=25% имеет номинальную мощность 13 *квт*. При работе с ПВ=15% он может быть загружен до 15 *квт*; при ПВ=40% нагрузка не должна превышать 11,1 *квт*, а при ПВ=60% — 10,1 *квт*. При ПВ=100% загрузка должна составлять 9,1 *квт*.

Для машин, которые необходимо перевести на электропривод, двигатель можно подобрать по нагрузочным диаграммам. Нагрузочные диаграммы можно снимать каким-либо регистрирующим прибором (ваттметром, амперметром). Чтобы получить диаграмму для машины, вначале можно взять электродвигатель заведомо большей мощности и записать мощности при холостом ходе двигателя и при нагрузке машины. Разница между мощностями при полной нагрузке и холостом ходе двигателя дает приближенное значение мощности, потребляемой машиной. Целесообразная мощность двигателя для дан-

ной машины будет 1,1—1,25 от полученной в опыте величины мощности машины.

Если характер нагрузки такой, как показано на рисунке 251, *б*, то потребную мощность двигателя можно подсчитать по формуле

$$P_{дв} = (1{,}1 \div 1{,}25) P_{экв} =$$

$$= (1{,}1 \div 1{,}25) \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3 + \dots}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots}}. \qquad (222)$$

Для насосов мощность двигателя подсчитывают по формуле

$$P_{дв} = \frac{QH\gamma}{102\eta_{нас}\eta_{пер}} \; квт, \qquad (223)$$

где Q — производительность насоса ($м^3/сек$);

H — общая расчетная высота подачи насоса ($м$), в которую входят высоты всасывания, нагнетания и потерь в трубах;

γ — удельный вес жидкости ($кг/м^3$); для воды $\gamma = 1000$ $кг/м^3$;

$\eta_{пас}, \eta_{пер}$ — соответственно к. п. д. насоса и к. п. д. передачи.

§ 3. Механическая передача от двигателя к рабочей машине

Для снижения оборотов применяются разные передаточные механизмы. В сельскохозяйственных установках используются следующие виды передач: ременная, зубчатая, фрикционная, червячная, цепная, гибкий вал, жесткая муфта и т. д. Все передачи характеризуются передаточным числом i, показывающим, во сколько раз изменяется число оборотов.

Ременная передача передает вращение при помощи бесконечного ремня (плоского, клинового или текстропного, круглого). Ее преимущества — простота, возможность перекрывать значительные расстояния, бесшумность в работе и способность воспринимать колебания нагрузки. Недостатки — низкий к. п. д., меньшая долговечность, электризация ремня. При ременной передаче

$$\frac{D_{дв}}{D_м} = \frac{n_м}{n_{дв} k}, \qquad (224)$$

где $D_{дв}$ — диаметр шкива двигателя;
$D_м$ — диаметр шкива машины;
$n_м$ — число оборотов шкива машины;
$n_{дв}$ — число оборотов шкива электродвигателя;
k — коэффициент проскальзывания ремня, обычно принимаемый 0,98.

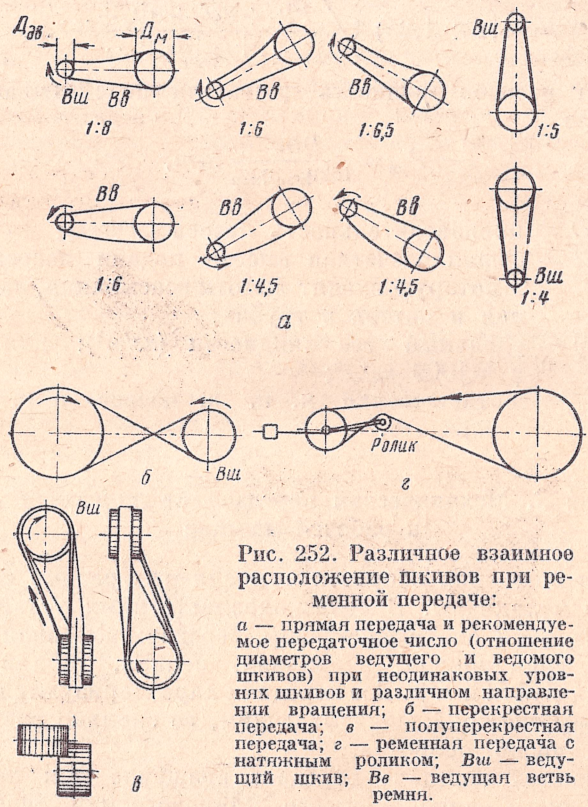


Рис. 252. Различное взаимное расположение шкивов при ременной передаче:

а — прямая передача и рекомендуемое передаточное число (отношение диаметров ведущего и ведомого шкивов) при неодинаковых уровнях шкивов и различном направлении вращения; *б* — перекрестная передача; *в* — полуперекрестная передача; *г* — ременная передача с натяжным роликом; *Вщ* — ведущий шкив; *Вв* — ведущая ветвь ремня.

Передаточное число для ременной передачи может зависеть от взаимного расположения ведущего и ведомого шкивов. На рисунке 252, *а* изображены открытые передачи, при которых ремень находится в одной плоскости, а шкивы вращаются в одном направлении. У каждой передачи указано максимальное целесообразное отноше-

ние диаметров шкивов двигателя и машины. На рисунке 252, *б* представлена передача, при которой ведущая и ведомая ветви ремня перекрещиваются и ведомый шкив вращается в направлении, обратном ведущему. Рекомендуемое передаточное число в данном случае — от 1 : 6 до 6 : 1. На рисунке 252, *в* представлена полуперекрестная передача, при которой оси валов расположены под углом. Вращение шкивов — в одном направлении. В этом случае передаточное число должно быть равно от 1 : 3 до 3 : 1.

При использовании натяжных роликов (рис. 252, *г*), которые увеличивают угол охвата, передаточное число можно довести до 1 : 10 (или 10 : 1).

Расстояние между шкивами может достигать 8 *м*, в зависимости от ширины ремня и диаметров шкивов.

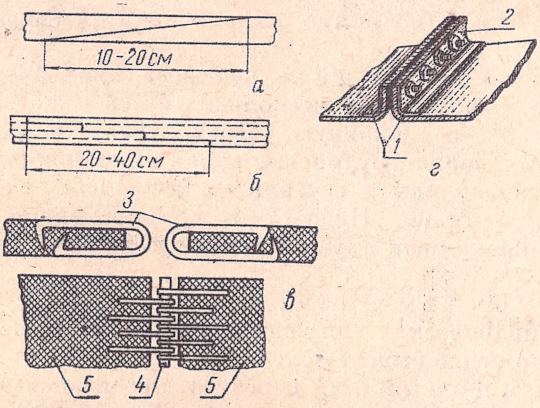


Рис. 253. Склейка кожаного (*а*) и прорезиненного (*б*) ремней и механическое соединение ремней гребешком (*г*) и проволочными крючками (*в*):

1— закругленные угольники; *2*— болтики с гайками; *3*— крючки; *4* — стальная ось; *5*— концы ремня.

Ременные передачи находят применение для передачи мощностей от 1 до 40 *квт* при скорости ремня от 5 до 25 *м/сек*.

Большое значение имеет правильная сшивка ремней. Кожаные и прорезиненные ремни лучше всего склеивать. Кожаные ремни следует соединять косой склейкой, а прорезиненные ремни — ступенчатой (рис. 253, *а* и *б*).

На рисунке 253 показаны металлические соединения концов ремня «гребешком» (*в*) с помощью закругленных угольников и болтиков и шарнирное с помощью проволочных крючков (*г*). Сшивают ремни сыромятными ремнями и жильными нитями.

При сшивке плоского ремня следует следить за тем, чтобы ремень в работе был правильно натянут. Если он будет перетянут, то двигатель может оказаться перегруженным. Если ремень будет иметь правильное натяжение, но его сшивка окажется выполненной небрежно, то при прохождении этой сшивки по шкиву двигатель будет притормаживаться. Это, в свою очередь, вызовет толчки тока в линии и колебание напряжения. В конечном счете плохая сшивка ремня окажется причиной мерцания электрических ламп у потребителей, расположенных недалеко от двигателя с небрежно выполненной ременной передачей.

К л и н о р е м е н н а я передача применяется для передачи мощностей до нескольких сотен *квт*. Она обеспечивает более спокойную работу двигателя вследствие отсутствия сшивки. Клиновые ремни выполняются только стандартной длины и сечения из нескольких слоев прорезиненной ткани. Недостатки клиноременной передачи — меньший срок службы ремней и большая стоимость шкивов.

У з у б ч а т ы х передач, которые составляются из пар цилиндрических или конических шестерен, передаточное число редко бывает более 11,5.

Ф р и к ц и о н н а я передача предназначается для передачи вращательного движения с постоянным или переменным отношением угловых скоростей путем непосредственного прижатия звеньев. По виду соприкасающихся звеньев различают цилиндрические, конические, сферические передачи. Применяются они в специальных устройствах, в которых требуется плавная регулировка скорости вращения.

Ч е р в я ч н а я передача позволяет передавать вращение под углом 90°. Передаточное число может доходить до 80, а в малонагруженных — до 300 и более. Основной недостаток — низкий к. п. д.

Ц е п н а я передача передает вращение при помощи закрепленных на валах звездочек, через которые перекинута бесконечная цепь. Обеспечивается точное постоян-

ство передаточного числа при значительном расстоянии между валами (до 8 *м*).

В ряде случаев целесообразно применять двигатели с пристроенными редукторами (двигатель-редуктор). Для сельскохозяйственных потребителей разработаны двигатель-редукторы мощностью от 0,6 до 4,5 *квт* и числом оборотов на выходном валу от 45 до 550 в минуту.

§ 4. Основные указания по установке электродвигателя

Двигатели средней и малой мощности устанавливают на фундаментах. Небольшие по мощности двигатели можно устанавливать также на кронштейнах на стене, потолке и т. д. Фундаменты ставят из кирпича и бетона. Для кирпичных фундаментов в качестве раствора применяют смесь из 1 части цемента и 3 частей чистого песка. Схватывание кирпичного фундамента длится 5—7 дней. Для бетонного фундамента применяется состав из портланд-цемента, речного песка и мытого гравия в объемном отношении 1 : 3 : 5. До начала монтажа фундамент должен простоять не менее 10 дней. Для отверстий фундаментных болтов необходимо устанавливать деревянные конические пробки, которые вынимают через 15—20 часов после окончания кладки бетона. Позже их трудно извлечь. Фундаментные болты заливают жидким цементным раствором после выверки машины. Этот раствор состоит из 1 части портланд-цемента и 1 части песка.

Перед укреплением двигателя ватерпасом выверяют горизонтальное положение салазок на фундаменте. Выравнивание достигается подколачиванием железных клиньев между нижней плоскостью салазок и самим фундаментом. Деревянные клинья применять нельзя, так как они сильно деформируются при завинчивании болтов и могут нарушить правильность выверки.

После установки и укрепления салазок приступают к выверке валов двигателя и трансмиссии (или станка). Валы должны быть параллельны друг другу, а середины шкивов находиться в одной плоскости. Если ширина шкивов одинакова, то параллельность валов можно проверить по боковым плоскостям шкивов (они должны находиться в одной плоскости). Конец шнура прикрепляют у шкива рабочей машины так, чтобы он касался

края обода, и прикладывают к краю шкива двигателя (рис. 254, *а*). Если валы параллельны, то шнур при натягивании и постепенном его подведении к шкиву двигателя должен касаться одновременно четырех точек: *1*, *2*, *3*, *4*. При различной ширине шкивов находят их сере-

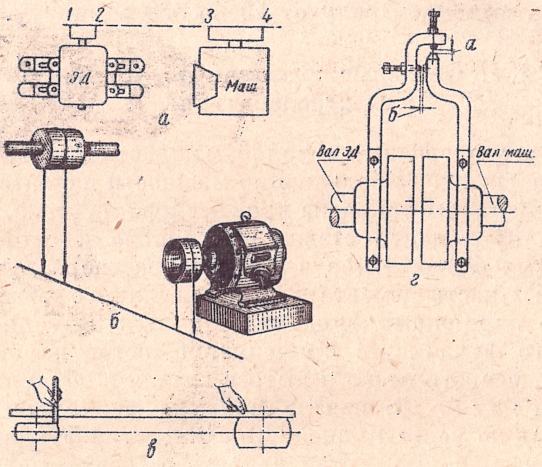


Рис. 254. Выверка правильности взаимного расположения шкивов электродвигателя и рабочей машины:

а — при одинаковой ширине ведущего и ведомого шкивов; *б* — при разном уровне расположения шкивов; *в* — при разной ширине шкивов; *г* — выверка валов двигателя и машины при соединении их муфтой при помощи центровочных скоб.

дины путем измерения и прочерчивают острым концом мела среднюю линию на обоих шкивах. Затем на эти прочерченные линии накладывают шнур — он должен совпадать с линиями, или поступают, как показано на рисунке 254, *б*. При небольшом расстоянии между двигателем и машиной выверку можно сделать при помощи линейки (рис. 254, *в*).

Параллельность осей шкивов достигается перемещением двигателя на салазках. После всех выверок его установку окончательно проверяют по ватерпасу и салазки заливают цементом. Закрепляют двигатель на салазках при надетом на шкив двигателя ремне.

При выверке валов электродвигателя и машины при их соединении муфтами напрямую пользуются вспомогательными скобами (рис. 254, *г*), которые закрепляют на валах двигателя и машины. Поворачивая валы двигателя и машины в одном направлении и пользуясь подкладками из жести и полосового железа, добиваются, чтобы расстояния *а* и *б* между скобами оставались одинаковыми в любом положении валов.

Шкив снимают специальными стягивающими приспособлениями — съемниками (рис. 255, *а*). Для снятия шариковых и роликовых подшипников применяются съемники подшипников (рис. 255, *б*). На рисунке 255, *в* показано, как правильно надевать подшипники на вал.

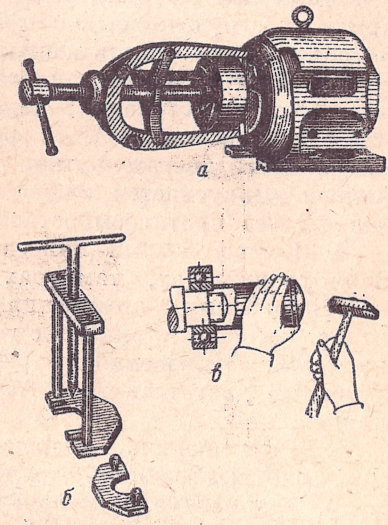


Рис. 255. Приспособление для снятия шкива и подшипника с вала электродвигателя и установки подшипника:
а — снятие шкива с вала двигателя при помощи универсального съемника; *б* — съемник для подшипников; *в* — посадка подшипников на вал.

§ 5. Выбор электродвигателя по конструктивному исполнению

В зависимости от характера среды, в которой предстоит работать двигателю, изготавливают двигатели различного исполнения: 1) открытые; 2) защищенные, или полузакрытые; 3) закрытые (закрытые негерметически, закрытые герметически и закрытые взрывобезопасные).

По способу охлаждения различают двигатели: 1) с естественным охлаждением; 2) с самовентиляцией (крыльчатка на роторе); 3) с наружной самовентиляцией (крыльчатка на конце вала снаружи) и с охлаждающим кожухом; 4) с посторонним охлаждением (по трубам от постороннего вентилятора).

В соответствии с руководящими указаниями по устройству электротехнических установок сельскохозяй-

ственного назначения в зависимости от характера помещения рекомендуется использовать следующие двигатели.

1. В помещениях заведомо сухих (жилых помещениях и домах городского типа) и сухих (конторах, домах колхозников, общежитиях, общественных помещениях, отапливаемых мастерских), где нет опасности попадания брызг и стружек на электродвигатель, рекомендуется использовать двигатель защищенного исполнения типа А2.

2. В сырых и неотапливаемых помещениях: коридорах, кухнях, столовых, сельских магазинах, сараях, складах, гаражах и т. д. рекомендуется использовать защищенный двигатель типа А2 с противосыростной изоляцией. Допускается также использовать защищенный тип А2 без противосыростной изоляции.

3. В особо сырых помещениях — банях, прачечных, кормохранилищах, тамбурах в скотных помещениях, неотапливаемых помещениях кормоприготовительных цехов, насосных станциях с установкой двигателей в специальных помещениях — рекомендуется использовать закрытый двигатель типа АО2 с противосыростной изоляцией.

4. В помещениях, содержащих пары аммиака, конюшнях, скотных дворах, телятниках, навозохранилищах и др. рекомендуется использовать двигатели закрытого исполнения АО2 с противоаммиачной изоляцией. Допускается использовать двигатели типа А2 с противосыростной изоляцией.

5. В помещениях, опасных в пожарном отношении, сушилках, овинах, мельницах нетоварного типа, сенных и молотильных сараях — закрытый типа АО2. Допускается использовать защищенный двигатель типа А2, если двигатель помещен в вентилируемой будке из материалов, защищенных от воспламенения. При отсутствии вентиляции будку следует выполнить объемом не менее 20-кратного объема электродвигателя.

6. На открытом воздухе рекомендуется защищенный двигатель типа А2 с противосыростной изоляцией. Допускается защищенный обычный А2.

7. В помещениях, где имеется опасность взрыва,— нефтехранилищах, пыльных помещениях для размола муки, люцерны, в помещениях с трепальными машинами для обработки льна и др. рекомендуется использовать закрытый взрывобезопасный двигатель.

Все перечисленные выше двигатели в основном отличаются условиями вентиляции. Условия охлаждения влияют на размер двигателя. Так, двигатель закрытого типа мощностью 3 *квт* без вентиляции в 2,5 раза тяжелее такого же двигателя с вентиляцией (охлаждающий кожух) и почти в 3 раза тяжелее двигателя открытого типа той же мощности. С увеличением мощности это различие еще более возрастает. Поэтому необходимо обеспечивать хорошую вентиляцию, периодически продувать поверхность двигателя от пыли. Иногда в практике двигатель при работе закрывают кустарным образом чехлами от пыли и брызг. Нужно помнить, что из-за ухудшения теплоотдачи мощность двигателя, которую он может отдать, уменьшается в 2—3 раза.

Глава XXIV

Схемы автоматического управления электроприводами

§ 1. Виды схем автоматики и условные обозначения на схемах

Электрические схемы соединений электроприводов разделяются на два вида: принципиальные и монтажные. Принципиальная схема показывает взаимную электрическую связь между элементами схемы, из нее можно выяснить последовательность срабатывания отдельных элементов схемы. Территориальное (взаимное) расположение отдельных элементов в схеме, размеры, тип и сечение проводов на принципиальных схемах не показывают. Принципиальные схемы могут быть разделены, в свою очередь, на свернутые и развернутые. Свернутая схема приведена на рисунке 164, *а*. На ней все элементы, принадлежащие магнитному пускателю, изображены объединенно. Та же схема в развернутом виде приведена на рисунке 256, *а*. Здесь элементы магнитного пускателя разобщены и помещены в той цепи, к которой они относятся по действию схемы. На этой схеме отдельно изображены главная (силовая) цепь двигателя и цепь управления (вспомогательная). Главная

цепь изображается обычно жирными линиями, а вспомогательная цепь — более тонкими. Принадлежность элементов схемы к отдельным аппаратам устанавливается по общему условному обозначению. Условные буквенные обозначения стандартизированы. Например, линейные

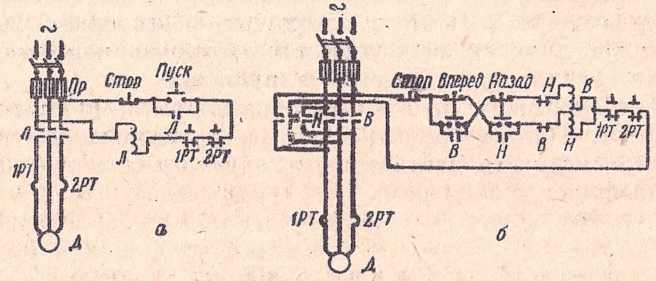


Рис. 256. Принципиальные развернутые электрические схемы управления электродвигателем при помощи нереверсивного (*а*) и реверсивного (*б*) магнитных пускателей:

В — элементы в цепи включения двигателя на вращение вперед;
Н — элементы в цепи включения двигателя на вращение назад;
РТ — тепловые реле.

контакторы обозначаются символом *Л* (*1Л*, *2Л* — первый линейный контактор, второй). Контакторы реверсивные «вперед», «назад» (рис. 256, *б*) обозначаются соответственно *В*, *Н* (*1В*, *2В*, *1Н*, *2Н* и т. д.); контакторы ускорения (рис. 257 и др.) — *1У*, *2У* и т. д.; контакторы торможения — *1Т*, *2Т*. Различные реле, в зависимости от их функций, обозначаются: *1РУ*, *2РУ*, *3РУ* — реле ускорения (первое, второе, третье); *РКС* — реле контроля скорости; *РТ* — реле тепловое; *РМ* — реле максимальное; *РВ* — реле времени; *РП* — реле промежуточное и т. д. Командо-аппараты обозначаются: *КУ* — кнопка управления; *КВ* — конечный выключатель; *ПВ* — путевой выключатель; *КК* — командо-контроллер и т. д.

Если в схеме управления используются контроллеры, то к схеме прилагается таблица, в которой указаны, какие контакты аппарата включены при данном положении контроллера.

На принципиальных схемах все контакты аппаратов показывают в нормальном положении, то есть при отсут-

ствии электрического или механического воздействия на элементы аппарата.

Монтажная схема предназначается для использования при монтаже, поэтому она является рабочим чертежом схемы. Аппараты и приборы на этой схеме располагают соответственно их размещению в электроустановке. Их обозначают полными символами. Соблюдать масштаб не обязательно. Для проводов указывают их число, марку и сечение. Монтажные схемы электроприводов называют также схемами внешних соединений.

В зависимости от аппаратуры, которая применяется для автоматизации электропривода, различают: релейно-контакторную автоматику (для управления используют контакторы, реле, командо-аппараты), электромашинную автоматику (для управления используют электромашинные усилители), электронную автоматику (для управления используют электронные и ионные аппараты).

В электрических схемах автоматического управления приняты стандартные изображения элементов и аппаратов (табл. 42).

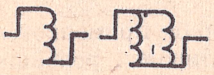
§ 2. Типовые схемы управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем

На рисунке 256, *а* приведена принципиальная развернутая схема пуска и остановки электродвигателя с короткозамкнутым ротором при помощи нереверсивного магнитного пускателя. Двигатель включается линейным контактором *Л*, главные контакты которого находятся в силовой цепи электродвигателя. При нажатии кнопки *Пуск* катушка контактора *Л* оживляется током и замыкает контакты в силовой цепи. Одновременно замыкается блокировочный замыкающий контакт *Л* и шунтирует кнопку *Пуск*. Поэтому при отпускании кнопки *Пуск* двигатель не отключается, а продолжает работать.

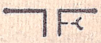
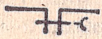
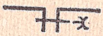
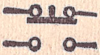
При нажатии кнопки *Стоп* двигатель остановится. В случае перегрузки электродвигателя разомкнутся размыкающие контакты тепловых реле *РТ*. Электродвигатель будет также отключен, если напряжение в сети (а следовательно, и на катушке *Л*) снизится до величины менее $0{,}85U_н$. От коротких замыканий двигатель защищен предохранителями *Пр*. Тепловые реле настраивают обычно на ток перегрузки в пределах 10—20% выше номинального.

Таблица 42

Некоторые условные обозначения в цепях автоматического управления

Изображение	Наименование
	а) Катушка контактора, б) две катушки, включенные параллельно
	Катушка напряжения реле
	Катушка токовая реле
	Нагревательный элемент теплового реле
	Контакт замыкающий
	Контакт размыкающий
	Контакт остающийся, с ручным возвратом, замыкающий
	Контакт остающийся, с ручным возвратом, размыкающий
	Контакт замыкающий с выдержкой времени при замыкании

Продолжение

Изображение	Наименование
	Контакт замыкающий с выдержкой времени при размыкании
	Контакт замыкающий с выдержкой времени при замыкании и размыкании
	Контакт размыкающий с выдержкой времени при замыкании
	Контакт размыкающий с выдержкой времени при размыкании
	Контакт размыкающий с выдержкой времени при замыкании и размыкании
	Кнопка с самовозвратом с замыкающим контактом
	Кнопка с самовозвратом с размыкающим контактом
	Кнопка с самовозвратом с одним замыкающим и одним размыкающим контактами
	Выключатель путевой или конечный замыкающий
	Выключатель путевой или конечный размыкающий

На рисунке 256, *б* представлена схема пуска, остановки и изменения направления вращения короткозамкнутого электродвигателя при помощи реверсивного магнитного пускателя. При нажатии кнопки *Вперед* оживляется током катушка контактора *В* и замыкаются контакты *В* в силовой цепи электродвигателя. Двигатель включен. Одновременно замыкается замыкающий блокировочный контакт *В*, блокирующий кнопку *Вперед*, и размыкается размыкающий контакт *В* в цепи катушки *Н*. Этот контакт также является блокировочным. Он, как и размыкающий контакт *Н*, предотвращает одновременное включение обоих контакторов, ибо в противном случае произойдет короткое замыкание в силовой цепи. При нажатии кнопки *Назад* размыкается цепь катушки *В*, и в момент, когда контактная система контактора *В* возвратится в нормальное положение, вернется в нормальное замкнутое состояние и размыкающий контакт *В*. Таким образом, окажется замкнутой цепь катушки контактора *Н*. Замкнутся силовые контакты *Н*. Двигатель резко затормозится и начнет вращаться в обратную сторону. В случае перегрузки двигателя цепь катушек *В* и *Н* будет разомкнута контак-

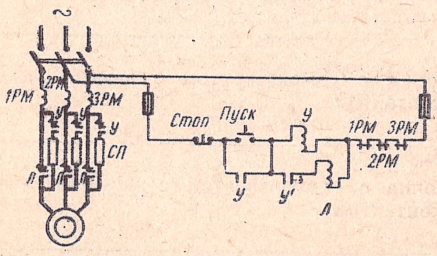


Рис. 257. Схема пуска короткозамкнутого электродвигателя с пусковым сопротивлением СП.

тами теплового реле *РТ*. Останавливают двигатель нажатием кнопки *Стоп*.

Некоторые реверсивные магнитные пускатели снабжаются только механической блокировкой, которая не позволяет включиться одновременно обоим контакторам.

При реверсировании двигателей с большими маховыми моментами следует сначала остановить двигатель нажатием кнопки *Стоп*, а затем включить его на обратное направление вращения.

При пуске асинхронных короткозамкнутых двигателей большой мощности для снижения пусковых токов применяют схемы пуска при пониженном напряжении. На рисунке 257 представлена схема пуска короткозамкнутого двигателя с пусковым сопротивлением *СП*. При нажатии кнопки *Пуск* оживляется током катушка контактора *У*. Главные контакты этого контактора включают статорную обмотку двигателя в сеть через пусковые сопротивления *СП*. Одновременно приводится в действие маятниковое реле времени *У*. Через некоторое время маятниковое реле замыкает свои контакты и катушка контактора *Л* оживляется током; главные контакты *Л* шунтируют пусковое сопротивление *СП*.

Для снижения пускового тока применяется и схема автотрансформаторного пуска короткозамкнутых двигателей большой мощности (рис. 258).

При нажатии кнопки *Пуск* оживляется током катушка контактора *У* и катушка реле управления *РУ*. Главные контакты контактора *У* включают автотрансформатор *АТ*. Двигатель разгоняется при пониженном напряжении.

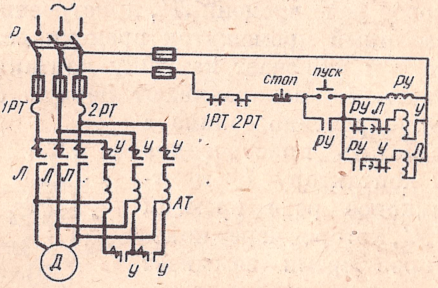


Рис. 258. Схема с автотрансформаторным пускателем короткозамкнутого электродвигателя.

Спустя некоторое время размыкающие контакты реле *РУ* размыкаются, а замыкающие — замыкаются. При этом обесточивается катушка контактора *У* (отключается автотрансформатор *АТ*) и оживляется током катушка контактора *Л*. Двигатель продолжает разбегаться при полном напряжении сети.

§ 3. Типовые схемы управления электродвигателем с фазным ротором

В схемах управления двигателем с фазным ротором необходимо шунтировать секции сопротивления пускового реостата в соответствии с заданными условиями. Напри-

мер, секции реостата нужно шунтировать через определенные промежутки времени (управление в функции времени), а также при снижении пускового тока до определенной величины (управление в функции тока), при достижении заданной скорости вращения, пути перемещения груза и т. д.

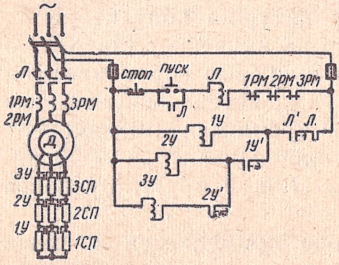


Рис. 259. Схема управления электродвигателем с фазным ротором в функции времени.

Рассмотрим некоторые из схем управления электродвигателем с фазным ротором.

На рисунке 259 представлена схема управления двигателем с фазным ротором в функции времени. При нажатии кнопки *Пуск* оживляется током катушка контактора *Л*. Силовые контакты *Л* включают статорную обмотку двигателя в сеть. Одновременно начинает работать маятниковое реле времени *Л'*, пристроенное к контактору. Через заданный промежуток времени реле замыкает свой контакт и включает катушку контактора *1У*. Силовые контакты *1У* закорачивают первую ступень реостата *1СП*. Одновременно начинает работать пристроенное к контактору *1У* маятниковое реле времени *1У'*, которое через некоторое время замыкает цепь катушки контактора *2У*. При этом шунтируется вторая ступень реостата *2СП* и включается реле времени *2У'* и т. д.

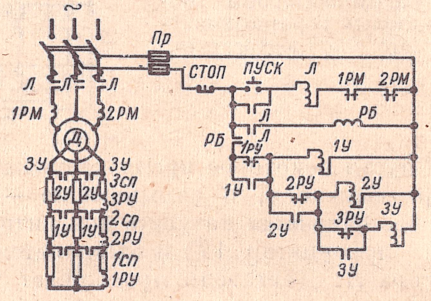


Рис. 260. Схема управления двигателем с фазным ротором в функции тока.

На рисунке 260 представлена схема управления электродвигателем с фазным ротором в функции тока. Токовые реле ускорения *1РУ*, *2РУ*, *3РУ*, катушки которых включены в цепь ротора, настроены таким образом, чтобы токи, при которых реле срабатывают,

удовлетворяли неравенству

$$I_{1РУ} > I_{2РУ} > I_{3РУ}.$$

При нажатии кнопки *Пуск* оживляется током катушка контактора *Л*, замыкаются главные контакты контактора *Л* и два блокировочных контакта *Л* в цепи управления. Один из них шунтирует кнопку *Пуск*, а другой включает катушку реле *РБ*. Двигатель разгоняется, а реле *РБ* замыкает свой замыкающий контакт *РБ* и подсоединяет, таким образом, к сети цепь катушек контакторов ускорения. В первый момент пуска, когда ток в цепи ротора, а следовательно, и в цепи катушки реле ускорения *1РУ* велик, реле *1РУ* удерживает размыкающий контакт *1РУ* в разомкнутом состоянии, и катушка контактора ускорения *1У* не оживлена током. При снижении пускового тока до установленной величины отключения реле *1РУ* его размыкающий контакт возвращается в замкнутое положение и замыкает катушку контактора ускорения *1У*. Силовые контакты этого контактора шунтируют первую ступень пускового сопротивления *1СП*. Двигатель продолжает разгоняться при двух ступенях пускового реостата до тех пор, пока не снизится ток в обмотке реле *2РУ* до величины, при которой реле не удержит более в разомкнутом состоянии размыкающий контакт *2РУ*. При его замыкании происходит включение катушки контактора и шунтирование второй ступени пускового реостата *2СП* и т. д. Замыкающие блок-контакты *1У*, *2У*, *3У* исключают вибрирование, а следовательно, подгорание контактов *1РУ*, *2РУ* и *3РУ* при токах в катушках реле ускорения, близких к токам уставок.

Защита двигателя осуществляется двумя реле максимального тока *РМ*. Цепь управления защищается предохранителями *Пр*.

На рисунке 261 приведена схема управления электродвигателем с фазным ротором в функции времени с торможением противовключением. Управление осуществляется при помощи командо-контроллера *КК*. При нейтральном положении командо-контроллера замкнуты контакты *1*. Катушка реле напряжения *РН* оживлена током, и при переключении командо-контроллера на другие положения эта катушка остается включенной через цепь самоподпитки с нормально открытым контактом *РН*. Назначение этого реле — защищать двигатель от снижения на-

пряжения и самопроизвольного дальнейшего пуска (при положении контроллера *Вперед* или *Назад*).

При переводе командо-контроллера из нейтрального положения в положение *Вперед* (*В*) включаются контактор *В* и блокировочное реле *РБ*. Реле *РБ* включает

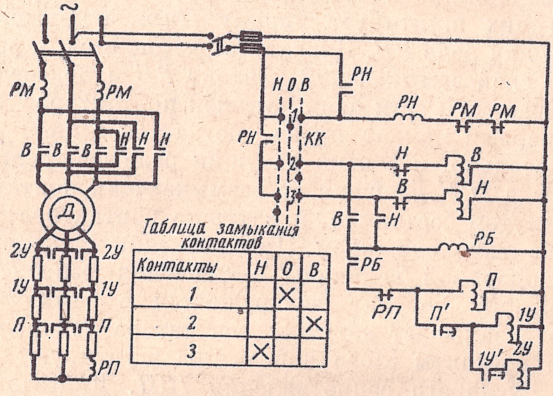


Рис. 261. Схема управления двигателем с фазным ротором в функции времени с торможением противовключением и диаграмма командо-контроллера.

катушку контактора противовключения *П*. Замыкаются силовые контакты *В* и контакты *П* в цепи пускового сопротивления, и двигатель разгоняется при двух ступенях пускового сопротивления. Катушка реле противовключения *РП* настроена таким образом, что реле возбуждается и срабатывает при токе, большем, чем пусковой ток в цепи ротора. Следовательно, размыкающие контакты *РП* остаются замкнутыми при пуске. При оживлении током катушки контактора *П* начинает работать пристроенное реле времени *П'*, которое через некоторое время замыкает свои контакты в цепи катушки контактора ускорения *1У*. Силовые контакты этого контактора шунтируют одну ступень пускового реостата. Одновременно с оживлением током катушки *1У* начинает работать маятниковое реле времени *1У'*, и через некоторое время срабатывает контактор *2У*, силовые контакты которого шунтируют вторую ступень пускового реостата.

При установке командо-контроллера в положение

Назад включается контактор *Н*, и электродвигатель тормозится противовключением. Так как в режиме противовключения ток в цепи ротора будет примерно в 2 раза больше, чем при пуске, то катушка реле *РП* возбуждается и открывает свой размыкающий контакт *РП*. При этом размыкается цепь контакторов ускорения *1У* и *2У* и противовключения *П*. В цепи ротора ток ограничивается всеми ступенями сопротивлений.

Реле блокировочное *РБ* имеет выдержку времени срабатывания больше, чем время срабатывания реле *РП*. Поэтому в самый момент противовключения катушка контактора *П* не получает питания, так как до момента срабатывания реле *РБ* успевают разомкнуться размыкающие контакты *РП*.

На рисунке 261 приведена также диаграмма командоконтроллера *КК*. На ней указано, какие контакты замкнуты при различных положениях рукоятки командоконтроллера.

§ 4. Управление электродвигателями в заданной последовательности

Запуск двигателей в заданной последовательности обеспечивается электрической блокировкой в электроприводах. Определенная последовательность в пуске и остановке электродвигателей и рабочих механизмов необходима в установках, связанных между собой общим технологическим процессом, чтобы соблюсти непрерывность действия технологического потока и предупредить аварию. В сельском хозяйстве к таким технологическим процессам могут быть отнесены зерноочистка, сортировка, кормоприготовление и др.

На рисунке 262, *а* приведена схема блокировки двух электродвигателей, обеспечивающая заданную последовательность пуска и остановки. Схема исключает возможность пуска электродвигателя $Д_2$, прежде чем запущен двигатель $Д_1$. Для этой цели в цепи управления $Д_2$ включены замыкающие контакты *1Л*, связанные с контактором электродвигателя $Д_1$. Если $Д_1$ остановится, то автоматически остановится и $Д_2$. Такая последовательность включения необходима, например, при транспортировке зерна на зерноочистительном пункте. Для предотвращения завала зерна запускают $Д_1$ на приводе горизон-

тального транспортера, а затем включают $Д_2$ на приводе вертикального транспортера, который подает зерно на горизонтальный транспортер и далее в бункер. Для самостоятельного включения $Д_2$ следует замкнуть рубильник $Р$.

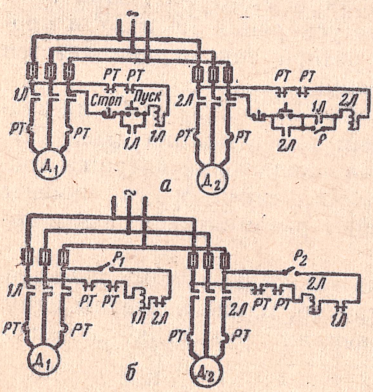


Рис. 262. Схемы блокировки двух электродвигателей при обеспечении заданной последовательности включения (*а*) и блокировки рабочего и резервного электродвигателей (*б*).

На рисунке 262, *б* представлена схема блокировки рабочего и резервного электродвигателей. Один из двигателей (рабочий или резервный) включают рубильником $Р_1$ или $Р_2$. Однако, если один из двигателей включен, второй включиться не может, так как в цепи управления каждого из двигателей установлен нормально замкнутый контакт контактора другого двигателя. Если требуется заменить двигатель, то следует выключить рубильник у работающего двигателя и включить у другого.

По аналогичной схеме включаются насосные агрегаты (рабочий и аварийный) на насосных станциях.

§ 5. Технологические датчики и их использование для автоматического управления сельскохозяйственными установками

Для автоматического управления электрифицированными технологическими процессами в сельскохозяйственном производстве используются технологические датчики для включения и выключения магнитного пускателя, контактора или другого типа электромагнитного выключателя.

Полностью автоматизированная электроустановка составляется из ряда элементов, выполняющих определенные функции. Рабочими элементами в электрических схемах являются электродвигатель, нагревательный прибор, источник света и т. д. Рабочий элемент

схемы включается и выключается исполнительным элементом, в качестве которого используются магнитный пускатель, контактор или другой аппарат. В цепи управления исполнительного элемента в полностью автоматизированных схемах устанавливаются контакты технологического датчика, который следит за ходом технологического процесса и в определенное время замыкает или размыкает цепь управления исполнительным элементом. В некоторых случаях при недостаточной мощности контактов датчика между датчиком и исполнительным элементом включается промежуточное реле.

В зависимости от характера автоматизируемой установки датчики следят за уровнем жидкости (например, при автоматизации процессов, связанных с перекачкой жидкости, водокачек), окружающей температурой и влажностью (при автоматизации процессов нагрева, охлаждения и увлажнения), промежутком времени или расписанием включения и выключения электроустановки, весом, местоположением груза, степенью заполнения бункера и т. д.

Датчик воспринимает изменение контролируемого параметра и преобразует его в электрический импульс. Ниже приведены некоторые принципиальные схемы устройства датчиков и схем автоматического управления.

Автоматизация водокачек основана на использовании различных датчиков уровня. Простейший датчик уровня — поплавковое реле (рис. 263, *а*). Поплавок сопровождает уровень воды в водонапорном баке при помощи перемычки *П*, при достижении нижнего заданного уровня включает насосный агрегат нажатием на кнопку *Пуск*, а при достижении верхнего уровня (этот момент изображен на рис. 163, *а*) нажатием на кнопку *Стоп* отключает насосный агрегат. Это простейшая схема, которая может быть выполнена электромонтером в условиях колхоза или совхоза.

На рисунке 263, *б* представлены электродный датчик уровня и схема его включения. В целях безопасности напряжение на датчике — 36 *в*. Контакты *1* и *2* промежуточного реле включают и отключают катушку магнитного пускателя насосного агрегата. При заполнении бака водой до уровня электрода *III* размыкающие контакты *1* и *2* держат насосный агрегат во включенном состоянии. При

погружении электрода *III* в воду замыкается цепь с электродом *I* и оживляется током катушка реле *ПР*, размыкаются контакты *1* и *2* и замыкаются контакты *3* и *4* подпитки промежуточного реле через электрод *II* нижнего заданного уровня. Промежуточное реле будет включено

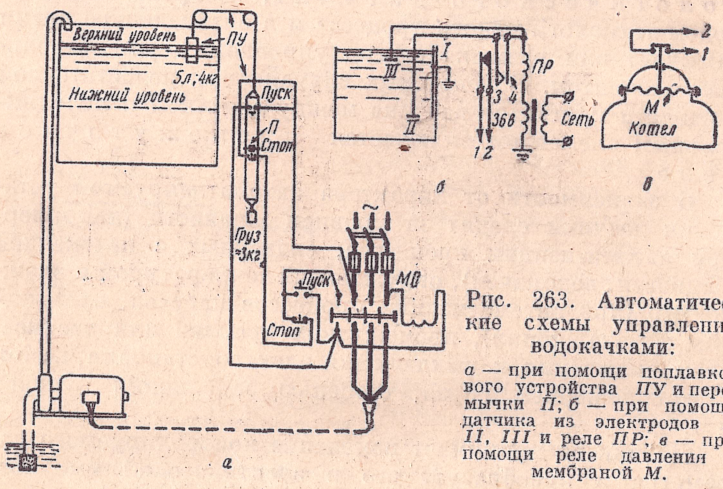


Рис. 263. Автоматические схемы управления водокачками:

а — при помощи поплавкового устройства *ПУ* и перемычки *П*; *б* — при помощи датчика из электродов *I*, *II*, *III* и реле *ПР*; *в* — при помощи реле давления с мембраной *М*.

до тех пор, пока уровень воды не снизится ниже уровня электрода *II*, то есть обесточится катушка промежуточного реле *ПР* и размыкающие контакты этого реле *1* и *2* снова включат насосный агрегат.

В безбашенных водокачках с воздушно-водяным котлом в качестве датчика используется реле давления (рис. 263, *в*). При снижении уровня воды в котле уменьшается давление воздуха на мембрану реле *М* и контакты реле *1* и *2* замыкаются, электронасосный агрегат включается. При наполнении котла давление в нем растет и контакты размыкаются.

Автоматическая водокачка ВЭ-2,5М с напорным котлом обладает тем преимуществом перед водокачкой с напорным баком, что для размещения напорного котла не требуется сооружения напорной башни, поэтому она значительно дешевле башенной.

Водокачка ВЭ-2,5М (рис. 264) состоит из воздушно-водяного котла *3* емкостью 0,95 $м^3$, вихревого насоса *4* типа 1,5В-1,3 или 2ЛК-25-10, электродвигателя *5* типа

А42/4 на 1,7 *квт* и реле давления *2*. В комплект водокачки также входят: приемный клапан *6*, всасывающий и нагнетающий трубопроводы, станция управления *1*.

Водокачка работает следующим образом. Вода сначала подается к потребителю под давлением в воздушно-водяном котле. Это давление может иметь величину до

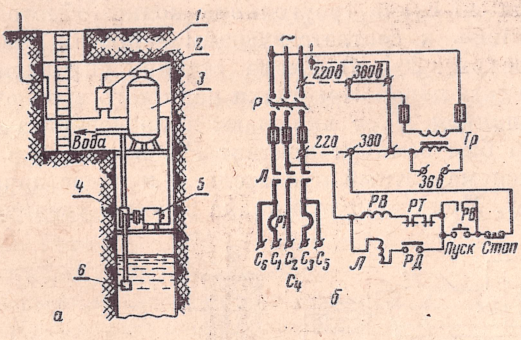


Рис. 264. Безбашенная водокачка типа ВЭ-2, 5М:
а — общий вид установки; *б* — схема автоматического управления водокачкой; *1* — станция управления; *2* — реле давления; *3* — котел; *4* — насос; *5* — двигатель; *6* — всасывающий клапан; *РД* — контакты реле давления; *Тр* — осветительный трансформатор 220/36 *в*.

5 атмосфер (1 атмосфера = 10,33 *м* водяного столба). По мере расхода воды из котла давление в нем падает до тех пор, пока контакты манометрического реле давления *РД* не замкнут цепь катушки магнитного пускателя *Л*. Включается электродвигатель насосного агрегата, вода подается непосредственно потребителю, а излишки воды поступают в котел. По мере наполнения котла водой в нем снова повышается давление до известного предела, при котором размыкаются контакты *РД* и выключается электронасос.

У двигателей, приводящих в действие насосы, а также у вентиляторов необходимо обеспечивать защиту от возможной потери одной из фаз сети. При обрыве одной из фаз (или перегорании предохранителя) две другие фазы обмотки двигателя, приводящего в действие насос (или вентилятор), потребляют ток, на 25—50% больший номинального. Такое увеличение тока в большинстве случаев не может вызвать перегорания предохранителя в од-

ной из двух оставшихся фаз. Обмотка двигателя перегревается, и изоляция сгорает.

В схеме водокачки ВЭ-2,5М для защиты от повышенного тока используются тепловые реле *РТ*, настроенные на размыкание цепи катушки магнитного пускателя при увеличении тока на 10—20%. Нагревательные элементы реле *РТ* включены на фазный ток. Поэтому при включении двигателя по схеме треугольник концы обмоток следует присоединять к соответствующим зажимам станции управления (рис. 264, *б*). Схема станции управления включается в сеть поворотом ручки пакетного выключателя *Р*. Затем кнопкой *Пуск* включают реле возврата *РВ*. Если при этом был замкнут контакт *РД* в реле давления, то включится магнитный пускатель *Л* и насос начнет подавать воду. При заполнении бака водой и увеличении давления воздушной подушки в котле реле давления разомкнет контакт *РД* и магнитный пускатель выключится. При перегрузке двигателя и срабатывании теплового реле отключится реле возврата *РВ*, и, следовательно, магнитный пускатель *Л*.

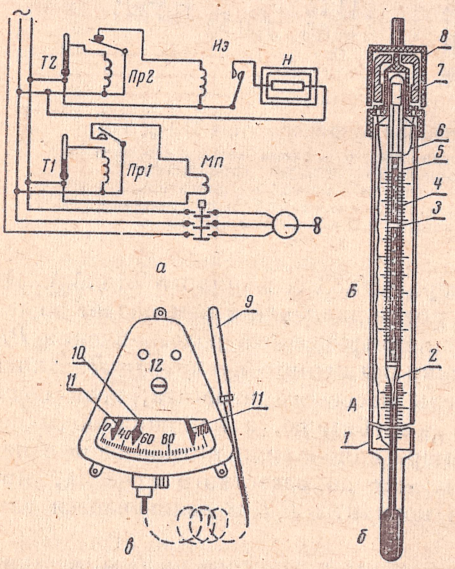


Рис. 265. Схема автоматического поддержания заданной температуры (*а*), контактный термометр (*б*) с подвижным контактом и термосигнализатор ТС (*в*):

1 — неподвижный контакт; *2* — проволочный подвижный контакт; *3*— передвижная муфта; *4* — ходовой винт; *5* — стеклянная трубка; *6*— впаянная проволока; *7*— стальной сердечник; *8*— подковообразный магнит; *9*— термобаллон; *10*—стрелка реле; *11*— установочные контакты; *12*— зажимы для подключения прибора к внешней цепи; *А* — измерительная шкала; *Б* — настроечная шкала.

Все металлические части водокачки должны быть надежно заземлены.

Автоматизация электронагревательных установок. В качестве датчиков в схемах автоматического управления электронагревательными установками используются контактные термометры, терморегуляторы манометрического принципа действия, терморегуляторы биметаллические и т. д.

Контактные ртутные термометры используются совместно с промежуточными реле, которые служат для усиления мощности контактов. Ртутный столбик в капилляре термометра может выдержать ток не более 10—20 *ма*. Поэтому его нельзя включать непосредственно в цепь управления магнитного пускателя, которая потребляет ток в несколько сотен миллиампер.

На рисунке 265, *а* представлена схема управления установкой для поддержания режима температуры на заданном уровне. Термометр *Т1* при замыкании контакта (верхний уровень регулируемой температуры) включает промежуточное реле *Пр1*. Реле *Пр1*, в свою очередь, включает катушку магнитного пускателя *МП* привода вентилятора. При снижении температуры сначала размыкается контакт *Т1* и выключается вентилятор, а затем размыкается контакт в термометре *Т2*. Обесточивается катушка реле *Пр2*, и его размыкающий контакт включает нагревательный прибор *Н* через исполнительный элемент *Иэ*.

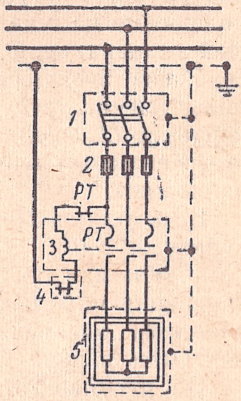


Рис. 266. Схема включения ВЭТ-200:
1— рубильник; *2*— предохранитель; *3*— пускатель; *4*— температурное реле; *5*— нагревательное устройство.

На рисунке 266 представлена схема автоматического управления водонагревателем-термосом ВЭТ-200, который выпускается для горячего водоснабжения животноводческих ферм. Емкость резервуара — 200 *л* (выпускаются также и на 400 *л*). Нагреватели — трубчатого типа с нихромовыми спиралями в талько-шамотной изоляции. Температурное реле —с биметаллическим чувствительным элементом, который воздействует на ртутный прерыватель. Контакты температурного реле *4* включают и выключают катушку магнитного пускателя *3* автоматически.

Для регулирования влажности при заданной температуре (в инкубаторах) используются увлажненные контактные термометры (рис. 265, *б*).

Подвижный проволочный контакт *2* можно устанавливать на любом делении термометра вращением магнита *8*. Магнитное поле увлекает за собой сердечник *7*, который вращает винт *4*. Муфта *3*, поднимаясь или опускаясь по винту, перемещает контакт *2*.

Вместо контактного термометра в схемах регулирования температуры может быть использован термоэлектросигнализатор типа ТС-100 (до 100°) и др. Термосигнализатор (рис. 265, *в*) работает на манометрическом принципе. Термобаллон *9* заполнен жидкостью, имеющей большой коэффициент объемного расширения (например, лигроином). При увеличении окружающей температуры давление внутри баллона растет и манометрическое устройство поворачивает стрелку *10* прибора. Стрелка занимает положение на шкале прибора в соответствии с окружающей температурой (указана на шкале прибора). Стрелка снабжена электрическим контактом. На шкале устанавливаются (на требуемом уровне температур) неподвижные контакты *11*, замыкаясь или размыкаясь с которыми стрелка *10* включает или выключает цепи управления или сигнализации.

Биметаллический терморегулятор применяется до температуры 250°. Чувствительным элементом является биметаллическая пластина, закрепленная в держателе. При изменении окружающей температуры конец спирали или пластины поворачивается и замыкает (или размыкает) контакты в цепи управления.

На рисунке 267 приведены различные типы датчиков. В зависимости от характера технологического процесса этими датчиками могут быть контактные часы, электроконтактный манометр, датчик уровня сыпучих материалов, центробежное реле скорости и т. д.

Широкие возможности для автоматизации процессов сельского хозяйства открываются в связи с применением различных полупроводниковых материалов. Например, использование фотосопротивлений позволяет чрезвычайно просто выполнить различные командные схемы сигнализации, зажигания освещения при наступлении темноты, включения каких-либо приборов при подаче светового сигнала и т. д.

На рисунке 267, *е* представлена схема, иллюстрирующая применение фотосопротивлений *Фс*. Схема может быть использована для сигнализации, а также для включения того или иного механизма при освещении фотосопротивлений сильным световым лучом (например, механизм

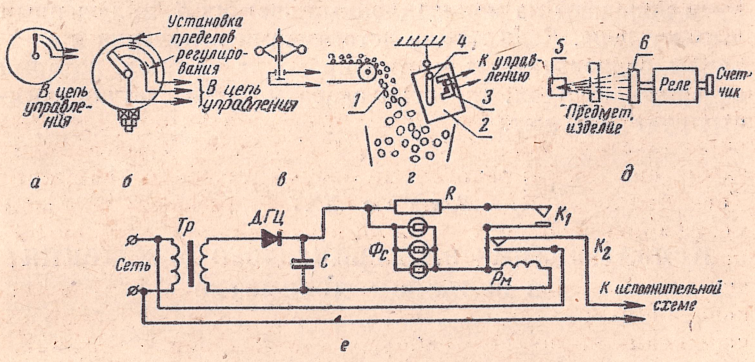


Рис. 267. Технологические датчики для схем управления:

а — контактные часы; *б* — контактный манометр; *в* — реле скорости; *г* — датчик наличия сыпучих материалов; *д* — радиоактивный датчик; *е* — схема включения фотореле; *1*— поток материала; *2*— поворотный кожух с электромагнитом *3*; *4*— неподвижный стальной сердечник, замыкающий магнитную цепь электромагнита *3* при отсутствии потока материала; *5* — источник ионизирующих излучений; *6* — счетчик ионизирующих излучений.

открытия ворот при подходе автомобиля и освещения фотоэлемента фарами и т. д.). Аналогичная по принципу действия схема может быть предназначена для включения и отключения электрического освещения.

Питание схемы, изображенной на рисунке 267, *е*, осуществляется от выпрямителя, собранного с трансформатором *Тр*, полупроводниковым диодом *Д* и конденсатором *С*. Полупроводниковое фотосопротивление *Фс* (при необходимости можно включить параллельно несколько фотосопротивлений) при освещении уменьшает свое внутреннее сопротивление. Ток через катушку *Рм* растет, и реле срабатывает. Сопротивление *R*, включаемое контактами K_1, служит для дополнительного питания катушки *Рм* и исключает искрение. Контакты K_2 реле *Рм* включают рабочую схему.

При автоматизации отдельных сельскохозяйственных процессов, например счета продукции, регулировки заполнения резервуаров сыпучими или жидкими материа-

лами и т. д., могут найти широкое применение радиоактивные изотопы. Для аналогичных целей изотопы используются в промышленности.

Радиоактивный датчик работает следующим образом (рис. 267, *д*). От источника бета- или гамма-излучений *5* лучи попадают на ионизационный счетчик *6*, включенный в схему реле. Если между источниками излучения и счетчиком радиоактивных частиц проходит предмет, который задерживает лучи, то схема срабатывает и счетчик регистрирует предмет.

Глава XXV

Использование электрического освещения в сельском хозяйстве

§ 1. Спектр электромагнитных колебаний. Основные светотехнические понятия

Электрическое освещение в сельском хозяйстве — широко распространенный вид использования электроэнергии. Электрическое освещение несет культуру в быт населения, позволяет сократить сроки выполнения сельскохозяйственных работ, делая возможной организацию их в ночное время. Рациональное освещение повышает производительность труда, улучшает качество продукции и увеличивает безопасность работы обслуживающего персонала. Правильное освещение уменьшает зрительное и общее утомление работника, способствует поддержанию чистоты и порядка в помещениях. Электрическое освещение приобретает все большее значение как производственный фактор для дополнительного освещения в теплицах при выращивании рассады, для увеличения продолжительности светового дня в птичнике. Использование электрического освещения наряду с использованием ультрафиолетового и инфракрасного облучения все более и более расширяется в животноводстве, растениеводстве и других отраслях сельскохозяйственного производства.

Световые лучи, как инфракрасные, ультрафиолетовые и др., являются разновидностью энергии электромагнитных колебаний. В общем спектре электромагнитных коле-

баний, который объединяет электричество в различных формах его проявления, на долю световых и примыкающих к ним инфракрасных и ультрафиолетовых лучей приходится весьма малый участок с длиной волны от десятых долей миллиметра до 50 ангстрем (1Å $=10^{-8}$ *см*). Солнце щедро снабжает нашу планету лучами, расположенными в этом диапазоне и оказывающими огромное влияние на жизнедеятельность растений и животных на земле.

Первой ступенью спектра электромагнитных колебаний является п о с т о я н н ы й ток, число колебаний которого равно нулю. Далее идет п е р е м е н н ы й ток. Современная электротехника сильных токов использует постоянный и переменный токи с частотой до 400 *гц*. З в у к о в ы е ч а с т о т ы, следующие за промышленными частотами, используются в телефонии, так как, превращенные в колебания воздуха, они улавливаются на слух. Эти частоты используются также для индукционного нагрева металлов. Для этих же целей используются более высокие р а д и о ч а с т о т ы — до нескольких сотен килогерц. Звуковые колебания, лежащие вне предела слышимости человека (более 20 *кгц*), называются у л ь т р а з в у к о в ы м и колебаниями или ультразвуком. Ультразвук находит все более широкое применение в технике. С его помощью осуществляют перемешивание растворов, очистку мелких деталей от металлических опилок, котлов от накипи, его используют в дефектоскопии, применяют в лечебной практике и т. д.

В лечебной практике используются также и р а д и о в о л н ы, которые дают равномерный прогрев тканей (диатермия), р е н т г е н о в с к и е лучи для просвечивания. Радиовещание осуществляется на волнах от нескольких тысяч метров до нескольких метров. Эти волны хорошо распространяются в пространстве (в «эфире»). Телевидение осуществляется на метровых волнах.

Радиочастоты используются в технике также для диэлектрической (высокочастотной) сушки древесины и семян, дезинсекции зерна и т. д. Под действием сантиметровых и более коротких волн стимулируется энергия прорастания семян. Миллиметровые волны еще недостаточно хорошо изучены, так как еще не научились получать достаточно мощного их излучения.

Далее идут и н ф р а к р а с н ы е лучи, излучаемые нагретым телом. Инфракрасные лучи длиной волны от

3 до 0,76 *мк* глубоко проникают в живую ткань и равномерно ее прогревают. Максимум теплового излучения приходится на длину волны 1,4 *мк*.

Световые электромагнитные колебания воспринимаются глазом. Лучше всего воспринимаются глазом желто-зеленые лучи с длиной волны 0,55 *мк*. Световые лучи позволяют нам видеть мир и, кроме того, играют важную роль в фотосинтезе растений.

С коротковолновой стороны к световым лучам примыкают ультрафиолетовые лучи, имеющие огромное значение для всего живого на земле. Далее идут лучи Рентгена, гамма-лучи и всепроникающие космические лучи, изучение которых интенсивно продолжается в наше время.

Электромагнитные колебания распространяются со скоростью света $c=300$ тыс. *км/сек*. Скорость света c, число колебаний в секунду f и длину волны λ связывает между собой следующая простая формула:

$$c = f\lambda = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/сек},$$

или

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{f} \text{ см} = \frac{3 \cdot 10^{8}}{f} \text{ м}. \qquad (225)$$

В таблице 43 даны длины волн различных лучей от инфракрасных до рентгеновских. Видимость лучей с длиной волны 0,55 *мк* принимается равной единице. Плохо воспринимаются глазом красные и фиолетовые лучи. Инфракрасные и ультрафиолетовые лучи глазом человека не воспринимаются. Инфракрасные лучи обнаруживаются по тепловому действию, а ультрафиолетовые — по люминесценции (свечению под их воздействием) различных материалов, по воздействию на биологические объекты и т. д.

В светотехнике используют следующие величины: световой поток, силу света, яркость, освещенность, светность.

Световой поток F *представляет собой меру мощности светового излучения, то есть видимого излучения, оцениваемого по световому ощущению, которое испытывает средний человеческий глаз.* За единицу светового потока принят люмен (*лм*). *1 люмен=1/683 вт при однородном излучении с длиной волны, равной 555 ммк*, к которой наиболее чувствителен глаз. При другой волне 1 *лм*

Таблица 43

Спектр излучений от инфракрасных до рентгеновских лучей

Общее название лучей	Название отдельных участков лучей	Длина волны (*мк*)	Примерное восприятие (видимость) лучей глазом человека (за единицу принята видимость лучей с $\lambda = 0{,}55$ *мк*)
Инфракрасные	Декамикронные	100—10	Не видны, воспринимаются по тепловому действию
	Микронные	10—0,76	
Световые	Красные	0,76—0,62	0,02
	Оранжевые	0,62—0,59	0,45
	Желтые	0,59—0,56	0,90
	Зеленые	0,56—0,50	0,80
	Голубые	0,50—0,48	0,30
	Синие	0,48—0,45	0,12
	Фиолетовые	0,45—0,38	0,025
Ультрафиолетовые	УФЛ области А	0,38—0,32	Не видны
	УФЛ области В	0,32—0,275	
	УФЛ области С	0,275—0,005	
Рентгеновские	Граничные	0,005 и короче	
	Мягкие		
	Жесткие		

не будет равновелик мощности 1/683 *вт*. Существует и другое определение: *люмен — это поток, излучаемый абсолютно черным телом с площадью 0,5305 мм² при температуре затвердевания платины* (2042° К). Упрощенно абсолютно черным считается тело, которое равномерно и в одном направлении излучает, а все приходящие извне лучи — поглощает, то есть оно не обладает отражательной способностью.

Представление о величине люмена могут дать следующие примеры. Световой поток, падающий на 1 *м²* поверхности земли летом при солнечном освещении, равен 10 000 *лм*; световой поток лампы накаливания 100 *вт* напряжением 220 *в* равен 1000 *лм*; световой поток лампы карманного фонаря равен 6 *лм*.

Сила света I — *пространственная плотность светового потока, то есть отношение светового потока к величине телесного (пространственного) угла, в котором он равномерно распределяется:*

$$I = \frac{F}{\omega}, \tag{226}$$

где F — световой поток, приходящийся на телесный угол ω.

Единица силы света — свеча (*св*). 1 *св*=1 *лм*/1 *стер* (стерадиан). Стерадиан — *это телесный угол, который имеет вершину в центре сферы и опирается на участок сферы с площадью, равной квадрату радиуса сферы.*

Другое определение: *свеча — это* $^1/_{60}$ *силы света, испускаемого 1 см*^{2} *абсолютно черного тела при температуре затвердевания платины.*

Яркость B — *поверхностная плотность силы света в заданном направлении, равная отношению силы света I к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к тому же направлению:*

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha}, \tag{227}$$

где S — площадь светящейся поверхности;

α — угол между светящейся поверхностью и заданным направлением.

Единица яркости — нит (*нт*). 1 *нт*=1 *св*/*м*^{2}. Белая диффузная поверхность, отражающая 100% света, имеет яркость 1 *нт* при освещенности 3 *лк*.

Освещенность E — *поверхностная плотность светового потока, то есть отношение светового потока F к площади S_0, на которую он равномерно падает:*

$$E = \frac{F}{S_0}. \tag{228}$$

Единица освещенности — люкс (*лк*). 1 *лк*=1 *лм*/*м*^{2}. Светность R — *поверхностная плотность светового потока, испускаемого поверхностью, равная отношению светового потока F к площади светящейся поверхности $S_п$:*

$$R = \frac{F}{S_п}. \tag{229}$$

Единица светности — радлюкс (*рлк*). 1 *рлк*=1 *лм*/*м*^{2}.

Яркость и светность зависят от коэффициентов отражения освещаемых поверхностей. Освещенность не зависит от коэффициента отражения. Яркость связана с определенным направлением, а освещенность и светность не связаны с направлением. Физическое представление о величинах могут дать следующие примеры: освещенность при хирургической операции должна быть равна 3000 *лк*, при чтении книги — 50 *лк*; освещенность в летний полдень на широте Москвы 80—100 тыс. *лк*; светность чистого снега в солнечный полдень равна 80 000 *лм/м*^{2}, светность вольфрамовой нити лампы накаливания 100 *вт*, 220 *в*, при T=2700° K равна 17.10^6 *лм/м*^{2}.

Яркость солнца, находящегося в зените, равна 150.10^7 *нт*, яркость белой бумаги при освещенности в 50 *лк* равна 0,05 *нт*.

Световая энергия представляет собой произведение светового потока на время его действия и измеряется в люмен-секундах (*лм.сек*).

Световая отдача — это отношение светового потока источника света к мощности, потребляемой источником. Она измеряется в люменах на ватт (*лм/вт*).

Световые свойства материалов. Световой поток, который падает на поверхность, в общем случае частично отражается, частично пропускается и частично поглощается. Если на поверхность падает световой поток F, то в зависимости от свойств материала поверхности этот поток разделяется на три составляющие: отраженный поток, равный $F_\rho = \rho F$, пропущенный поток, равный $F_\tau = \tau F$, поглощенный поток $F_\alpha = \alpha F$. В сумме

$$F = \rho F + \tau F + \alpha F. \qquad (230)$$

Из (230) следует, что сумма коэффициентов отражения ρ, пропускания τ и поглощения α равна единице:

$$\rho + \tau + \alpha = 1. \qquad (231)$$

Проходя через тело или отражаясь от него, свет в той или иной степени рассеивается. При отсутствии рассеивания отражение или пропускание называется направленным (зеркало, оконное стекло). Отражение или пропускание, при котором свет рассеивается настолько, что поверхность приобретает яркость, одинаковую по всем направлениям, называется диффузным. Диффузное отражение имеют мел, гипс и т. д. Матовые поверх-

ности дерева, бумаги, ткани близки к диффузным. Диффузно пропускает свет молочное стекло. Лучшей отражательной способностью обладает барий сернокислый (95% от падающего на него потока), которым покрывают киноэкраны. Белила свинцовые отражают 90% падающего потока, зеркало — 85%, снег — 80—100%, трава — 7%, кожа черная — 1,5%.

§ 2. Лампы накаливания

Лампы накаливания представляют собой источники света, работающие по принципу температурного излучения. Первая лампа накаливания была изобретена в 1873 г. выдающимся русским электротехником А. Н. Лодыгиным. Он же в 1900 г. предложил использовать в качестве нити накала тугоплавкие металлы.

Лампы накаливания пока являются наиболее распространенными источниками света (рис. 268). В качестве

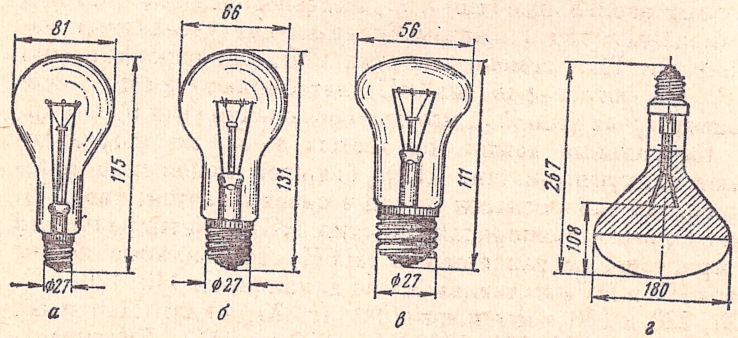


Рис. 268. Некоторые типы ламп накаливания:
а — газополная (НГ 150 *вт*, 220 *в*); *б* — биспиральная; *в* — биспиральная криптоновая (НБК75); *г* — зеркальная (ЗН-5; ЗН-8).

нити накала в современных лампах используют спираль из вольфрама, имеющего температуру плавления около 3600°. Нить накала может быть моноспиральной (односпиральной), биспиральной (дважды спиральной), а в некоторых лампах накаливания трижды спиральной. Некоторые лампы наполняют нейтральным газом (азотом, аргоном или криптоном). Температура накала нити достигает 2600—3000° К. Спектр ламп накаливания отличается

от спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей.

Обычно диапазон излучения источника света весьма широк — от невидимых тепловых лучей через лучи, воспринимаемые глазом, до невидимых ультрафиолетовых лучей. Световым к. п. д. источника света называется отношение мощности, которая превращается в видимый и воспринимаемый глазом свет, к мощности, расходуемой на полный диапазон излучения. Световой к. п. д. ламп накаливания не превышает 3—3,5%.

Промышленность выпускает различные типы ламп, отличающиеся номинальными значениями мощности и напряжения, размерами, формой колб, цоколями и т. д. Наиболее распространены нормальные лампы. Кроме нормальных ламп, выпускаются лампы для специальных целей, то есть для использования на транспорте, в авиации, в фотографии, в различных приборах и т. д. По своему назначению и конструктивным особенностям специальные лампы накаливания подразделяются на группы: зеркальные (тип ЗН), железнодорожные (тип Ж), трамвайные (тип Т), автомобильные, для гусеничных машин (тип ТН), самолетные (тип СМ), миниатюрные (тип МН), для фотографии (тип СП), светофорные (тип ЖС), термоизлучатели (тип ЗС), местного освещения (тип МО) и др.

Нормальные лампы мощностью до 40 *вт* изготавливают вакуумными (тип НВ), большей мощностью изготавливают газополными (аргон в смеси с азотом; тип НГ), газополными биспиральными (тип НБ) и биспиральными с криптоновым заполнением (НБК). Нормальные лампы типа НВ и НГ изготавливают на напряжения 110, 120, 127, 180, 220 и 230 *в* мощностью 10, 15, 25, 40 *вт* (НВ) и 60, 75, 100, 150, 200, 300, 500, 750, 1000 *вт* (НГ). Биспиральные лампы НБ изготавливают мощностью от 40 до 100 *вт* на те же напряжения. Лампы на 230 *в* рекомендуется включать у потребителей, расположенных вблизи от трансформаторной подстанции или другого источника электроснабжения; лампы на 180 *в* — у потребителей, расположенных в конце линии. Биспиральные криптоновые лампы (НБК) изготавливают мощностью 25 *вт* (127 *в*) и 40, 60, 75, 100 *вт* (127 и 220 *в*).

Лампы накаливания зеркальные ЗН-5 (127 *в*, 300 *вт*), ЗН-6 (127 *в*, 500 *вт*), ЗН-7 (220 *в*, 300 *вт*), ЗН-8 (220 *в*, 500 *вт*) имеют баллоны параболической формы, у которых

внутренняя поверхность частично покрыта зеркальным слоем, а внешняя матирована. Они применяются для освещения высоких помещений, открытых пространств, для декоративного освещения и других целей. При освещении закрытых помещений их можно применять без осветительной арматуры, а при освещении снаружи их необходимо защищать от атмосферных осадков. Зеркальный слой способствует тому, что не менее 40% всего светового потока лампы выходит концентрированно в пространственном углу 40° от оси лампы. Такие лампы представляют собой сочетание источника и арматуры-отражателя.

Выпускаются также лампы-светильники с диффузным отражателем типа НГД мощностью 40 и 60 *вт* на 127 *в* и мощностью 40, 60, 150, 200 и 300 *вт* на 220 *в*. Световой поток, излучаемый в выходное отверстие, составляет не менее 80% ее общего потока. Лампы 150, 200 и 300 *вт* целесообразно применять для освещения школ, библиотек, зрелищных предприятий и т. п. С диффузным отражателем выпускаются лампы и для местного освещения (МОД) на 12 и 36 *в*.

Основные параметры ламп накаливания: номинальное напряжение, номинальная мощность, которую лампа потребляет из сети, световой поток, световая отдача и средний срок службы.

Номинальное напряжение — это напряжение, на которое рассчитана лампа и при котором она потребляет из сети расчетную номинальную мощность. Срок службы, или нормированная продолжительность горения лампы накаливания,— это расчетное время горения лампы накаливания до перегорания при заданном напряжении. Так как температура нити зависит от фактически подводимого напряжения, то с изменением напряжения резко меняются все характеристики лампы. Срок службы лампы накаливания резко сокращается при использовании ее на напряжении выше номинального, указанного для лампы. Снижение же напряжения в целях увеличения срока службы приводит к резкому снижению светового потока. Нормированная продолжительность горения нормальной лампы накаливания составляет 1000 *ч*.

Номинальная световая отдача — величина, которая характеризует экономичность лампы; она существенно зависит от величины подводимого к лампе напряжения.

Характеристики ламп: потребляемая мощность, световой поток, срок службы и др. зависят от величины подводимого напряжения (табл. 44).

Таблица 44

Зависимость основных характеристик нормальных ламп накаливания от подводимого напряжения

Напряжение	Ток	Мощность	Сопротивление	Световой поток	Световая отдача	Срок службы
В процентах от номинальных значений						
85	92	78	93	55	72	1000
90	95	85	95	70	82	500
94	97	91	97	81	89	260
98	99	97	99	93	96	130
100	100	100	100	100	100	100
102	101	103	101	107	104	75
106	103	110	102	122	111	40
110	106	107	103	137	117	—

Световая отдача ламп одинаковой мощности, но выполненных на разные номинальные напряжения, отличается в сторону увеличения для ламп с меньшим номинальным напряжением. Лампы на 127 *в* имеют световую отдачу примерно на 15% выше, чем лампы на 220 *в* такой же мощности. Это обусловливается тем, что у ламп накаливания одинаковой мощности нить накала имеет тем бóльшую поверхность излучения, чем меньше напряжение (нить накала толще при меньшем напряжении).

Для иллюстрации этого положения в таблице 45 приведены данные различных ламп одинаковой мощности, но разного напряжения.

В городах для освещения чаще используют напряжение 110 или 127 *в*, так как осветительная нагрузка на электрическую сеть в городе имеет высокую удельную плотность. В пригородах и в сельской местности, где удельная нагрузка значительно меньше, для освещения используется напряжение 220 *в*.

Примерный энергетический баланс ламп накаливания представлен в таблице 46. Лампы накаливания с криптоновым заполнением имеют наибольший к. п. д., так как криптон лучше защищает нить накала от распыла и тем самым позволяет увеличить температуру ее накала.

Таблица 45

Сравнение ламп на 220 и 127 в

Напряжения (в) и типы ламп	Мощности ламп (вт)			
	40	60	75	100
	световой поток (лм)			
220 НБ	370	620	840	1240
220 НБК	—	700	950	1380
127 НБ	440	740	980	1400
127 НБК	—	820	1080	1560

Таблица 46

Примерный энергетический баланс ламп накаливания

Лампы накаливания	Распределение энергии (%)			
	видимые излучения	невидимые излучения	потери теплопередачей и конвекцией	всего
Пустотные лампы накаливания	7	86	7	100
Газополные лампы накаливания с аргоном . .	10	68	22	100
Биспиральные лампы накаливания с аргоном	12	74	14	100
Лампы накаливания с криптоно-ксеноновым заполнением	13	76	11	100

Примечание. Глазом воспринимается часть видимых излучений в соответствии с данными таблицы 43.

Указания по эксплуатации ламп накаливания. 1. Напряжение сети должно соответствовать напряжению, указанному на цоколе или колбе лампы. При снижении напряжения уменьшается световой поток, а при увеличении напряжения резко сокращается срок службы лампы.

2. Лампами накаливания (кроме зеркальной) в качестве источника света следует пользоваться совместно с осветительной арматурой, которая перераспределяет све-

товой поток в соответствии с потребностью рационального освещения, а также защищает от слепящего действия тела накала. Арматура светильников с мощными лампами должна иметь вентиляционные приспособления во избежание чрезмерного нагрева цоколя лампы и для его охлаждения.

3. Чтобы не уменьшался световой эффект, осветительную арматуру и лампы необходимо периодически очищать от пыли и грязи.

4. В ряде осветительных арматур необходимо правильно устанавливать лампы, чтобы получить нужный световой эффект (зеркальная арматура, прожекторы, автомобильные фары и др.).

5. Следует следить за состоянием контактов между цоколем лампы и патроном. При плохом состоянии контакта вследствие искрения и падения напряжения в месте плохого контакта снижается световой поток лампы и светоотдача, а иногда и совсем прекращается горение.

6. Следует предохранять лампы при горении от попадания влаги на баллон, так как на стекле могут образоваться трещины и лампа выйдет из строя.

7. Лампы следует хранить в закрытом помещении с относительной влажностью не выше 70% и температурой не ниже 5°. При транспортировании следует соблюдать меры предосторожности, не допуская сильных сотрясений и ударов, а также воздействия атмосферных осадков.

Электрический контакт и механическая связь лампы с патроном осуществляются с помощью цоколя. Обычно для ламп употребляются резьбовые цоколи (обозначаются буквой Р) и штырьковые, или штифтовые (обозначаются буквой Ш). Последние исключают самоотвинчивание при вибрациях. Они употребляются главным образом с лампами железнодорожными, автомобильными, трамвайными и др. Цоколи штырьковые могут быть одноконтактными и двухконтактными. В зависимости от размеров ламп и те и другие могут иметь различные размеры.

В обозначении цоколя буквы означают: Р — резьбовой, Ш — штырьковый, Сф — софитный, Ц — цилиндрический. Далее следует цифра, указывающая диаметр цоколя в *мм*.

Металлические части цоколей выполняют из латуни или стали с антикоррозийным цинковым покрытием.

Патроны для электрических ламп накаливания также подразделяются на две основные группы: резьбовые и штифтовые.

Патроны резьбовые выполняются с резьбовыми гильзами Ц-14, Ц-27, Ц-40, где цифра означает диаметр в *мм*. Их изготавливают из цветных металлов, стали, фарфора и пластических масс. По форме исполнения патроны подразделяются на патроны для навинчивания на ниппель, патроны с фланцем и патроны для подвеса.

§ 3. Арматура для ламп накаливания. Прожекторы

Источник света вместе с арматурой образует светильник. Арматура перераспределяет световой поток в нужном направлении, защищает глаза от ослепления и источник света от пыли, влаги и др. По распределению светового потока между верхней и нижней полусферами различают светильники: а) прямого света, когда в нижнюю полусферу излучается не менее 90% всего потока; б) преимущественно прямого света (от 60 до 90%); в) рассеянного света, когда в каждой из полусфер излучается не более 60% светового потока; г) преимущественно отраженного света, когда в верхнюю полусферу излучается от 60 до 90% всего светового потока; д) отраженного света (более 90%). По исполнению различают светильники: открытые, когда лампа не отделена от внешней среды; закрытые — лампа и патрон отделены от внешней среды оболочкой без уплотнений; влагозащищенные — корпус и патрон противостоят воздействию влаги, а конструкция обеспечивает надежную изоляцию вводных концов друг от друга и от металлических частей светильника; пыленепроницаемые; взрывозащищенные.

В зависимости от характера помещения и назначения светильника в сельском хозяйстве наиболее широкое распространение получили следующие арматуры.

1. «Универсаль» (рис. 269, *а*) — открытый светильник для общего освещения производственных помещений высотой 4—6 *м*. Рассчитан на работу с лампами 150 *вт* (тип светильника У-150), 200 *вт* (У-200), 500 *вт* (У-500). Отражатель изнутри покрыт белой эмалью. С помощью трех винтов могут быть установлены рассеиватели из матиро-

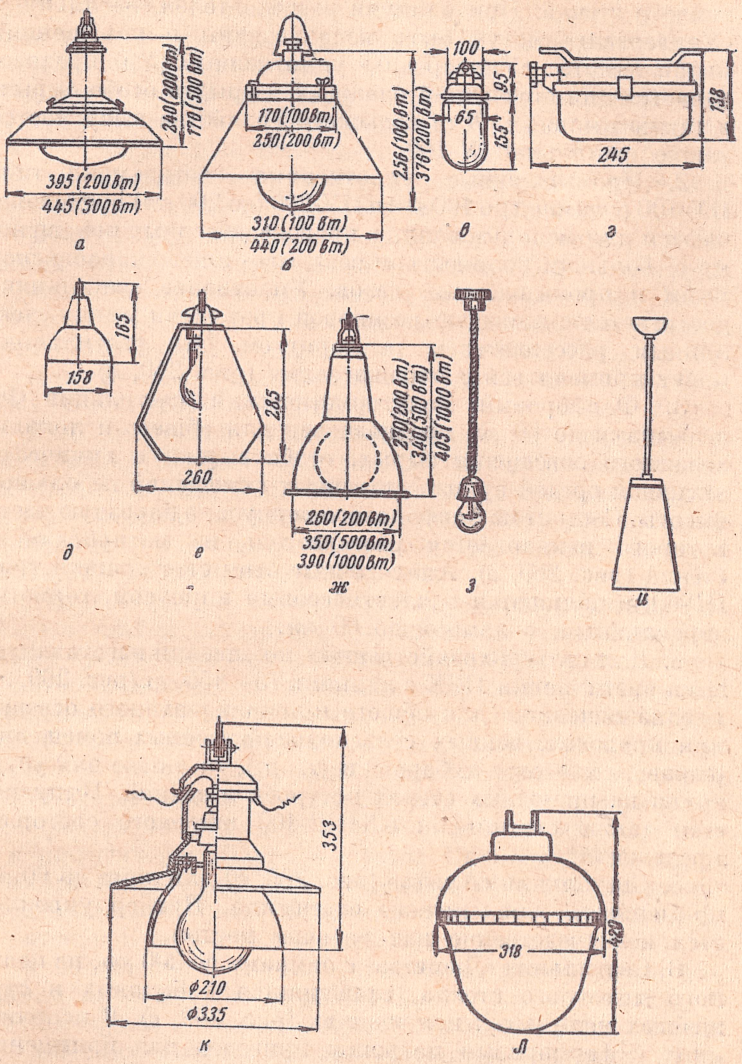


Рис. 269. Арматура для ламп накаливания:

а — «Универсаль»; *б* — промышленный уплотненный светильник типа ПУ; *в* — фарфоровый полугерметический светильник Фм; *г* — сельскохозяйственный светильник ПСХ; *д* — светильник «Альфа»; *е* — светильник «Люцетта»; *ж* — глубокоизлучатель; *з* — простой шнуровой подвес; *и* — шнуровой подвес типа ПШ; *к* — светильник наружного освещения; *л* — светильник СПП-500 (подвесной призматический).

ванного стекла. При наличии рассеивателей светильники «Универсаль» могут быть использованы в помещениях малой высоты. «Универсаль» уплотненный (Уп) предназначается для помещений влажных, сырых и особо сырых, а также пыльных. Для сельского хозяйства выпускается также светильник У-100.

2. Промышленные уплотненные светильники типа ПУ-100 (с лампой до 100 *вт*) и ПУ-200 (до 200 *вт*) предназначаются для использования в производственных помещениях с большим количеством невзрыво- и непожароопасной пыли и промышленных газов. Уплотнение светильника достигается с помощью резиновой прокладки между стеклянным рассеивателем и корпусом. Эти светильники могут применяться с отражателями (рис. 269, *б*).

3. Фарфоровый полугерметический светильник Фм с лампами до 60 *вт* предназначен для общего и локализованного освещения сырых, особо сырых, с химически активной средой производственных помещений небольшой высоты. Состоит из фарфорового корпуса, в нарезную часть которого ввинчивается рассеиватель из матированного стекла (рис. 269, *в*). Аналогичные этим светильники типа ПГ-60 выполняются с пластмассовым корпусом, герметизированными, с лампой до 60 *вт*.

4. Для сельскохозяйственных помещений изготавливаются светильники ПСХ с лампами 75—150 *вт* (рис. 269, *г*), предназначенные для общего и локализованного освещения производственных сельскохозяйственных помещений (сараев, хлевов, амбаров и т. д.), а также для установки на наружных стенах построек и зданий. Выпускается также светильник СХНШ-100 широкого светораспределения.

5. Светильник «Альфа» (рис. 269, *д*) для ламп до 60 *вт* применяется для местного освещения. Прибор укрепляется непосредственно над рабочим местом.

6. Светильник «Люцетта» с лампами до 200 *вт*, из цельного молочного стекла, применяется в бытовых и служебных непыльных помещениях (рис. 269, *е*). В исполнениях с фарфоровым патроном пригоден для помещений особо сырых и с химически активной средой.

7. Шар молочного стекла Шм с лампами до 60 *вт* при диаметре 150 *мм*, до 150 *вт* при 250 *мм* и до 300 *вт* при 350 *мм* применяется для общего освещения культурных и бытовых помещений, а также помещений с повышенными

требованиями к качеству освещения, в лабораториях, конструкторских бюро и т. д. (наряду с «Люцеттой»).

Для производственных помещений с нормальными условиями среды выпускаются также светильники следующих типов: Г — «Глубокоизлучатель» с лампами от 150 до 1500 *вт*; К — «Кососвет» с лампами от 25 до 500 *вт*, с углом наклона оси симметрии отражателя к вертикали 35—40°; П — плафоны потолочные, 60 *вт*, и др.

Для производственных помещений с тяжелыми условиями среды выпускаются светильники: ПУН — плафоны потолочные пылеводонепроницаемые, с лампами 60 и 100 *вт*; СХ и СХМ — для сырых и с химически активной средой помещений, с лампами от 60 до 500 *вт* и т. д.

Для взрывоопасных помещений выпускаются светильники типов НОБ, ВЗГ, В4А.

Для помещений общественных зданий применяются светильники СК-300— кольцевой, с пятью металлическими кольцами, 300 *вт*; КМО — с тремя металлическими экранирующими кольцами и конусом, 300 *вт* и др. Для освещения улиц выпускаются светильники СПО-300, СПП-200, СЗП-500, СЗЛ-300 и др.

Для освещения складов, заводских территорий, фасадов зданий и для других целей используются прожекторы. Прожекторы заливающего света ПЗС выполняются с металлическими (хромированными) или стеклянными отражателями параболической формы. В качестве источников света используются специальные прожекторные лампы. В прожекторах типа ПЗС-24 с диаметром стекла 24 *см* применяются лампы 150—200 *вт*, в прожекторах ПЗС-35 с диаметром стекла 35 *см* — лампы 300—500 *вт*, а в прожекторах ПЗС-45— лампы 1000 *вт*. Новые прожекторы ПСМ-40 и ПСМ-50 с лампами 500 и 1000 *вт* также предназначаются для освещения открытых пространств, архитектурного и иллюминационного освещения.

В специальных случаях применяют разные типы фасадных прожекторов серии ПФС.

Как правило, прожекторы размещаются на мачтах или высоких зданиях сосредоточенными группами. Наименьшая высота мачт (за исключением случаев освещения стадионов) определяется из условия

$$\frac{\text{Осевая сила света прожектора}}{\text{Квадрат высоты установки}} \leqslant 300.$$

В соответствии с приведенным равенством наименьшие высоты

для ПЗС-35, 500 *вт*, 220 *в* — 17 *м*
для ПЗС-35, 500 *вт*, 127 *в* — 20 *м*
для ПЗС-45, 1000 *вт*, 220 *в* — 22 *м*
для ПЗС-45, 1000 *вт*, 127 *в* — 30 *м*

Высота установки прожекторов для освещения стадионов определяется из такого расчета, чтобы перпендикуляр, опущенный из площадки мачты на продольную ось поля, образовывал с горизонтальной плоскостью угол не менее 27°.

§ 4. Люминесцентные лампы

Электрическая энергия может превращаться в световую непосредственно, независимо от теплового состояния вещества, излучающего свет, за счет люминесценции. Существует большое число газосветных ламп, работающих на принципе электролюминесценции — свечения газа в трубке лампы под действием электрического тока. К таким лампам, в частности, относятся газосветные рекламные трубки (лампы тлеющего разряда).

Принцип действия этих ламп в упрощенном представлении сводится к следующему. Если к электродам, вставленным в концы стеклянной трубки, которая заполнена инертным газом или парами металла, приложить напряжение из расчета не менее 500—2000 *в* на 1 *м* длины трубки, то свободные электроны начинают лететь в сторону электрода с положительным знаком. Если к электродам приложено переменное напряжение, то они меняют направление движения с частотой тока. В своем движении электроны встречаются с нейтральными атомами газа — заполнителя трубки и ионизируют их, выбивая электрон с верхней орбиты атома в пространство или с нижней орбиты на верхнюю. Возбужденные таким образом атомы, вновь сталкиваясь с электронами, снова превращаются в нейтральные атомы. Это обратное превращение сопровождается излучением. Каждому инертному газу и парам металла соответствует своя длина волны излучения. Так, трубки с гелием светятся светло-желтым или бледно-розовым светом, с неоном — красным светом, с аргоном — голубым и т. д. Смешивая инертные газы или нанося лю-

минофоры на поверхность разрядной трубки, получают разные оттенки свечения.

Трубки (лампы), заполненные парами натрия, дают желтый свет. Трубки, заполненные парами ртути, дают фиолетовое и ультрафиолетовое излучение. Это излучение, возникающее в парах ртути, используется в люминесцентных лампах дневного и белого света, а также в источниках ультрафиолетовых лучей (лампы ПРК, БУВ, ЭУВ и др.).

Люминесцентные лампы дневного и белого света выполняют в виде прямой или дугообразной трубок из обычного стекла, не пропускающего коротковолновые ультрафиолетовые лучи. Электроды изготавливают из вольфрамовой проволоки. Трубку заполняют смесью аргона и паров ртути. Внутри трубка покрыта люминофором — специальным составом, который светится под воздействием ультрафиолетовых лучей, возникающих при электрическом разряде в парах ртути. Аргон способствует надежному возникновению разряда в трубке.

Для надежного зажигания разряда электроды предварительно разогревают. Затем к ним подают напряжение, в результате чего возникает разряд. По существу в трубке лампы происходит электролюминесценция аргона и паров ртути и фосфоресценция люминофора.

В состав люминофоров входят: вольфрамат кальция, силикат цинка, кадмий-бромат и другие вещества. В зависимости от процентного содержания того или иного вещества получается различная цветность излучения. Лампы дневного света типа ЛД имеют цветность излучения подобно безоблачному небу; лампы белого света ЛБ — подобно прямому солнечному свету. Люминесцентные лампы экономичнее ламп накаливания. В обозначении типа ламп буквы означают: ЛД — люминесцентная дневного света (цветовая температура 6500°К); ЛБ — белого света (цветовая температура 3500°К); ЛТБС—тепло-белого света (цветовая температура 2700° К); ЛХБ-холодно-белого света (4850°К).

Цифры после букв означают мощность лампы. Кроме того, в обозначении типов дугообразных ламп указывается радиус дуги. Например, ЛТБ-30-825 означает: лампа тепло-белого света, 30 *вт*, радиус изгиба трубки 825 *мм*.

В таблице 47 приведены световые потоки люминесцентных ламп ЛД и ЛБ. Из сравнения данных таблиц 45 и

47 следует, что лампа накаливания 60 *вт*, 127 *в* имеет световой поток 660 *лм*, а лампа ЛБ-20, 20 *вт*, 127 *в* имеет световой поток 800 *лм*. Световой поток лампы накаливания 150 *вт*, 220 *в* — 1845 *лм*, а световой поток лампы ЛБ-40, 220 *в* — 2120 *лм*. Таким образом, на образование светового потока такого же, как и от лампы накаливания, люминесцентная лампа требует примерно в 3 раза меньше мощности. В этом основное преимущество люминесцентных ламп. Другие их преимущества — более благоприятный спектр излучения, невысокая температура поверхности трубки, большой срок службы (более 3000 *ч* вместо 1000 *ч* у ламп накаливания). Недостатки этих ламп — необходимость в приборах для зажигания и ограничения тока, большие габаритные размеры, чувствительность к температуре окружающей среды. Однако, как это будет видно из экономического сравнения ламп накаливания и люминесцентных ламп, эти недостатки перекрываются преимуществами.

Для работы в условиях повышенной запыленности выпускают рефлекторные лампы типа ЛБР-40. Рефлекторный слой или диффузное отражающее покрытие, состоящее из порошка с высоким коэффициентом отражения, наносится на две трети окружности внутренней поверхности трубки. Затем вся внутренняя поверхность трубки покрывается слоем люминофора. Благодаря рефлекторному слою через «выходное окно» (не покрытую рефлекторным слоем часть трубки) проходит световой поток на 70—80% больше, чем через такую же часть трубки в обычной лампе.

Существует большое число схем включения люминесцентных ламп. На рисунке 270 приведены две схемы: вклю-

Таблица 47

Световые потоки некоторых люминесцентных ламп

Тип лампы	Номинальная мощность (*вт*)	Номинальный световой поток (*лм*)	Тип лампы	Номинальная мощность (*вт*)	Номинальный световой поток (*лм*)
ЛБ-15	15	585	ЛД-40	40	1640
ЛТБ-15	15	525	ЛБ-40	40	2120
ЛД-30	30	1200	ЛД-80	80	2960
ЛБ-30	30	1560	ЛБ-80	80	3680

чение одной лампы со стартерным зажиганием и схема быстрого зажигания лампы 80 *вт*.

Конденсатор C_1 служит для снижения радиопомех, возникающих при зажигании лампы в стартере (искрение). Конденсатор C_2 включается для повышения коэффициента мощности схемы. Емкость C_2 равна 4—6 *мкф*.

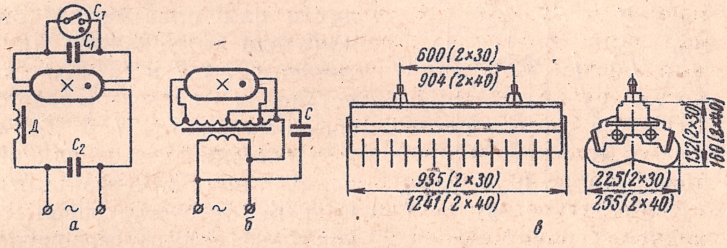


Рис. 270. Схемы включения люминесцентных ламп:
а — со стартером; *б* — схема быстрого зажигания; *в* — светильник АОД с решетчатым затенителем; *Ст* — стартер или зажигатель; *Д* — дроссель; *С*, C_1 и C_2 — конденсаторы.

Для включения ламп мощностью 80 *вт* используются трансформаторы типа БЛ-80. Стартер отсутствует. Электроды разогреваются током от накальных обмоток трансформатора (на каждый электрод включено по нескольку витков). Зажигается лампа благодаря повышенному напряжению, возникающему на обмотке трансформатора в момент, когда нагрузка на нем отсутствует (лампа не зажжена). При зажигании лампы нагрузка на трансформатор увеличивается и напряжение между электродами лампы снижается до расчетного значения.

Стартеры, или зажигатели, представляют собой неоновые лампы тлеющего разряда, у которых один из электродов биметаллический и автоматически замыкает и размыкает цепь электродов лампы. При включении схемы в сеть между электродами стартера происходит тлеющий разряд, который нагревает электроды. Биметаллический электрод изгибается и замыкает цепь. Электроды люминесцентной лампы при этом нагреваются до 800°, и вокруг них образуются облака электронов в результате термоэлектронной эмиссии. В стартере, после того как электроды его замкнулись и тлеющий разряд прекратился, электроды остывают и размыкаются. Напряжение сети

плюс импульс э. д. с., наведенной дросселем в момент размыкания цепи стартера, вызывают электрический разряд в трубке, сперва в аргоне, а затем по мере испарения ртути в ее парах. Процесс зажигания лампы после ее включения длится 1—2 *сек*. Конденсатор C_1 находится в одном кожухе с неоновой лампочкой стартера. Его цилиндрический кожух выполняется из жести или пластмассы. Зажигатели выпускаются двух типов: СК-127 и СК-220 для установок с напряжением соответственно 127 и 220 *в*.

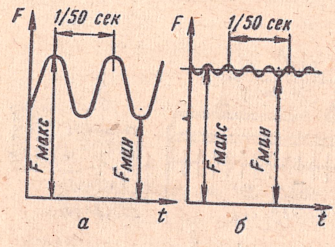


Рис. 271. Световой поток одной лампы (*а*), трех ламп, включенных в три фазы (*б*):
$F_{макс}$ — максимальное мгновенное значение светового потока; $F_{мин}$ — минимальное мгновенное значение потока.

Дроссель служит для ограничения тока через лампу. Если бы он отсутствовал, то ток через лампу мгновенно увеличился бы до большой величины и электроды лампы перегорели. Дроссели изготавливают в открытом и закрытом исполнении. При закрытом исполнении их помещают в металлический кожух и заливают изоляционной массой. Для каждого типа и мощности ламп предназначается свой дроссель.

Для монтажа прямых ламп и зажигателей в осветительной арматуре выпускаются специальные патроны: для ламп тип ПЛ-1 и для стартеров тип ПЛ-2. Для дугообразных ламп применяются особые патроны.

Поскольку люминесцентные лампы имеют большую глубину пульсации светового потока (рис. 271, *а*), при освещении движущихся предметов возникает стробоскопический эффект — зрительное впечатление множественности движущегося предмета. Это обстоятельство во многих случаях нежелательно, так как ведет к искажению впечатления от освещенного объекта, а также приводит к быстрой усталости зрения. Чтобы избежать появления стробоскопического эффекта, включают люминесцентные

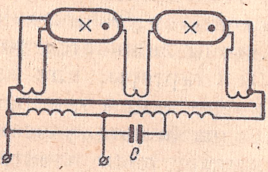


Рис. 272. Схема включения двух ламп ЛБ-80 с трансформатором БЛ-2/80.

лампы на различные фазы сети. На рисунке 271, *б* показан световой поток от трех ламп, включенных на различные фазы. С этой же целью (исключить стробоскопический эффект и в то же время повысить коэффициент мощности) применяют различные схемы включения двух или трех ламп в однофазную сеть. На рисунке 272 представлена схема включения ламп 80 *вт* с трансформатором на две лампы типа БЛ-2/80.

Благодаря конденсатору *С* достигается снижение пульсаций суммарного светового потока и одновременно повышается коэффициент мощности (до 0,9).

Люминесцентные лампы чувствительны к температуре окружающего воздуха. Световой поток при 0° составляет 50% светового потока при 25°. Это связано с тем, что ртутные пары частично конденсируются с понижением температуры. При низкой температуре по этой же причине не может возникнуть разряд в лампе.

Промышленность выпускает большое число различных типов светильников с люминесцентными лампами. Для производственных помещений с нормальными условиями среды — светильники типов: ОД—диффузный со сплошным отражателем; ОДР — то же, с решетчатым затенителем; ОДОР — то же, с отражателем с отверстиями (перфорированный); МОД — модификация светильника ОД; ВЛО — встраиваемые в перекрытия зданий и др. Для помещений с тяжелыми условиями среды: ВОД — встраиваемые в перекрытия зданий; ПЛУ — потолочные закрытые (плафоны); ПВЛ — подвесные закрытые и др. Для общественных зданий: АОД — модификация светильника ОД; БП и ПУ — потолочные плафоны; ШОД — подвесные для школ, лабораторий и т. п.; ШЛП — потолочные для школ и т. п.; ШКД — настенные зеркальные для освещения вертикальных поверхностей, например классных досок, и др. Для освещения жилых и общественных помещений: ПДЛ — подвесные потолочные; ПБЛ, БЛ — настенные светильники для общего и местного освещения; ТЛ — напольный.

Светильники изготавливают с 1, 2, 3, 4, а некоторые и с 6 лампами. В обозначениях светильника обычно указывается число ламп и их мощность. Например, ОД-2×40 означает: 2 лампы по 40 *вт* каждая. Для некоторых сельскохозяйственных помещений изготавливается светильник СХЛ-1×40.

§ 5. Сравнение расходов на эксплуатацию ламп накаливания и люминесцентных ламп

Годовые эксплуатационные расходы K (руб.) могут быть подсчитаны по формуле

$$K = A\frac{a}{100} + \frac{B}{L}Tn + CPT,$$

где A — стоимость оборудования и монтажа осветительной установки без учета стоимости ламп (руб.);
a — норма амортизационных отчислений (%);
B — цена лампы (руб.);
L — срок службы ламп (*ч*);
n — число ламп;
C — стоимость 1 *квт·ч* электроэнергии (руб.);
P — присоединенная мощность осветительной установки (*квт*);
T — число часов использования установки в году.

Сравним годовые эксплуатационные расходы при люминесцентном освещении в производственном помещении с расходами на освещение лампами накаливания. Две лампы накаливания по 150 *вт* (220 *в*) дают общий световой поток $2\times1845=3690$ *лм*. Две лампы БС-40 (220 *в*) дают световой поток $2\times2120=4240$ *лм*. Стоимость двух светильников «Универсаль» $A_1=2\cdot6{,}0=12$ руб. Стоимость двух светильников для БС-40 типа ОД-2-40 с пускорегулирующим устройством $A_2=2\cdot29{,}0=58$ руб. Норма амортизационных отчислений $a_1=a_2=15\%$. Цена двух ламп накаливания 150 *вт* $B_1=2\cdot0{,}3=0{,}6$ руб. Цена двух ламп ЛБ-40 $B_2=2\cdot1{,}2=2{,}4$ руб. Срок службы лампы накаливания равен 1000 *ч*. Срок службы лампы ЛБ-40 равен 3000 *ч*. Присоединенная мощность $P_1=0{,}3$ *квт*, $P_2=0{,}08$ *квт* (0,1 *квт*).

Годовое число часов использования светильников $T=1200$ *ч*. Если стоимость электроэнергии равна 0,04 руб. за 1 *квт·ч*, годовые эксплуатационные расходы на освещение лампами накаливания

$$K_1 = 12{,}0\frac{15}{100} + \frac{0{,}6}{1000}1200 + 0{,}04\cdot0{,}3\cdot1200 = 1{,}8 + 0{,}72 + 14{,}4 = 16{,}92 \text{ руб.}$$

На освещение люминесцентными лампами ЛБ

$$K_2 = 58\,\frac{15}{100} + \frac{2,4}{3000}\,1200 + 0,04 \cdot 0,08 \cdot 1200 = 8,7 + 0,96 + 3,84 = 12,5 \text{ руб.}$$

На рисунке 273 рост годовых эксплуатационных расходов представлен графически в зависимости от числа часов использования светильников в год. Можно видеть, что эксплуатационные расходы сравняются в том случае, если светильник будет использоваться примерно 560 *ч* в год. Если светильники будут использоваться меньше 560 *ч* в год, то целесообразнее использовать лампы накаливания. Если число часов использования светильника в год больше 560, целесообразнее использовать люминесцентные лампы.

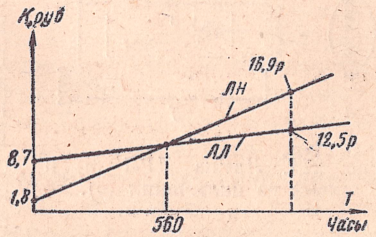


Рис. 273. Зависимость эксплуатационных расходов от числа часов использования светильников в год:
ЛЛ — люминесцентные лампы;
ЛН — лампы накаливания.

§ 6. Дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления (ДРЛ)

Эти лампы называются также дуговыми ртутными лампами с исправленной цветностью. Они устроены следующим образом.

Внутри внешнего стеклянного баллона заключена ртутная кварцевая лампа в виде трубки с рабочим давлением паров ртути 2—4 *ати*. При таком давлении возникает мощный поток ультрафиолетовых лучей всех длин волн. Внешняя стеклянная колба (рис. 274, *а*) изнутри покрыта люминофором, который дополняет спектр лампы красными лучами. Люминофор светится под действием ультрафиолетовых лучей, значительную коротковолновую часть которых стекло внешней колбы не пропускает. Лампа снабжена цоколем Р-40. Схема включения лампы представлена на рисунке 274, *б*.

В схеме используется пускорегулирующий аппарат *ПРА* и поджигающее устройство *ПУРЛ*. Схема действует следующим образом. При включении через сопротивление *R* и выпрямитель *B* происходит заряд конденсатора *C*. При определенном значении напряжения на обкладках конденсатора разрядник *P* (неоновая лампа) зажигается. Конденсатор моментально разряжается на часть витков автотрансформатора *ПРА*. В результате этого в *ПРА* возникает (трансформируется) импульс высокого напряжения, который вызывает разряд в ртутной лампе высокого давления. Сетевое напряжение 220 *в* недостаточно, чтобы вызвать зажигание лампы. Процесс полного разгорания лампы длится 5—7 *мин*.

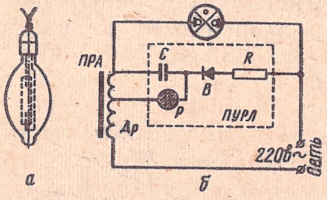


Рис. 274. Лампа ДРЛ (*а*) и схема ее включения (*б*).

В отличие от люминесцентных ламп лампы ДРЛ сосредоточивают в небольшом объеме значительную электрическую и световую мощность. Работают независимо от температуры среды. Несмотря на большой вес пускорегулирующего устройства, удельный расход металла, отнесенный к 1 *лм*, в этих лампах меньше, чем в трубчатых люминесцентных. Лампы ДРЛ в настоящее время широко применяются для уличного и производственного освещения. Эти лампы выпускаются в ряде стран с большим диапазоном мощностей. В Советском Союзе их выпускают на мощности 250, 500, 750 и 1000 *вт* (двухэлектродные, по рис. 274) и 80; 125; 250; 400; 700; 1000 *вт* (четырехэлектродные). Световая отдача этих ламп достигает 40—46 *лм/вт*, то есть примерно равна светоотдаче люминесцентных ламп. Их спектр, хотя и исправленный люминофором, все же не обеспечивает правильной цветопередачи, то есть при освещении этими лампами нельзя судить точно о расцветке освещаемого объекта.

Эти лампы особенно целесообразно применять для наружного освещения, где они используются около 2400 *ч* в год. Их можно также применять в высоких цехах с высотой подвеса не менее 6 *м*, где требуется повышенная освещенность и не обязательна правильная цветопередача. Для помещений с нормальными условиями среды выпу-

скаются светильники с лампами ДРЛ следующих типов: ГСР — с лампой от 250 до 1000 *вт*; ГКР — с лампами 250—500 *вт*; СД-ДРЛ — с лампами 250—750 *вт*; СЗ-ДРЛ — с лампами 400—1000 *вт* и др. Для помещений с тяжелыми условиями труда — светильники типов ГСХР-400 (400 *вт*) и др. Для уличного освещения изготавливаются светильники СЗПР-250 и СКЗПР-500, где цифра указывает мощность используемой в светильнике лампы ДРЛ.

В последнее время появились ксеноновые газоразрядные (дуговые) лампы мощностью от 2 *квт* до нескольких сотен *квт*. Эти лампы требуют специального пускового приспособления, но не требуют балластного сопротивления в работе. Это объясняется особым свойством электрической дуги в ксеноне: ее сопротивление не уменьшается беспредельно, а стабилизируется, в результате чего ток лампы ограничивается собственным сопротивлением дугового разряда. Их типы: ДКСТ-5000, ДКСТ-10 000 и т. д. Специальные светильники для этих ламп не разработаны.

§ 7. Выбор светильников и их размещение

Выбор светильников определяется условиями среды (помещения), экономичностью, безопасностью обслуживания и долговечностью.

В помещениях не запыленных, сухих и не опасных в отношении взрыва специальных требований к конструкциям светильников не предъявляется. В помещениях сырых и особо сырых нужно применять полугерметические светильники с раздельным вводом проводов. В пыльных помещениях следует применять закрытые уплотненные светильники. Во всех случаях следует стремиться избегать применения матированных стекол, трудно очищаемых от пыли.

Для производственных помещений наиболее целесообразными являются светильники прямого света. Светильники отраженного, полуотраженного и рассеянного света в этом случае являются неэкономичными, так как темные стены и потолок будут поглощать падающий на них световой поток.

В невысоких производственных помещениях со светлыми стенами и потолком целесообразно применять полуотраженный и отраженный свет с тем, чтобы использовать

его преимущества, особенно если работа требует зрительного напряжения (чертежные столы, сборка мелких деталей, лаборатории для зерна, школы, больницы и т. д.).

Для бытовых, конторских и аналогичных помещений рекомендуются светильники рассеянного или преимущественно прямого светораспределения. Светильники с люминесцентными лампами следует применять прежде всего в тех помещениях, где работа требует точного различения цветов. Их следует применять также во всех других случаях, когда число часов использования в году достаточно велико, и в их пользу оказывается экономическое сравнение с лампами накаливания.

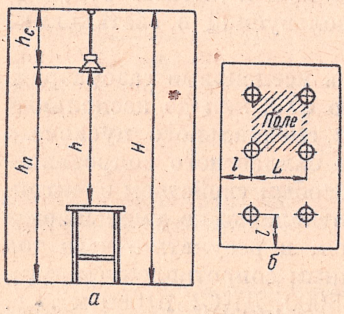


Рис. 275. Расположение светильников в помещении:
а — разрез; *б* — план помещения; $h_п$ — высота подвеса; $h_с$ — свес; h — расчетная высота; H — высота помещения.

На рисунке 275 указаны основные размеры, определяющие расположение светильников в помещении. Высота подвеса $h_п$ зависит от условий помещения, высоты помещения H, конструкции светильника, мощности ламп и от защитного угла светильника.

Защитный угол γ светильника (рис. 276) — важный показатель, определяющий защиту глаза от прямых лучей источника света. Он образуется горизонталью, проходящей через тело накала лампы, и линией, соединяющей крайнюю точку тела накала с противоположным краем отражателя. Величина этого угла может быть определена отношением

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{h}{R+r}, \qquad (232)$$

где h — расстояние от тела накала лампы до уровня выходного отверстия светильника;
R — радиус выходного отверстия светильника;
r — радиус кольца тела накала лампы.

Светильники с защитным углом менее 30° недостаточно защищают глаз от прямых лучей света.

По условиям ограничения слепящего действия высота подвеса светильников над уровнем пола или земли ($h_п$) должна быть не менее значений, приведенных в таблицах 48—50. Свес $h_с$ чаще выбирается равным 0,5—0,7 *м*. Не рекомендуется брать $h_с$ больше 1,5 *м* (кроме многоламповых люстр). Не следует принимать высоту подвеса $h_п$ больше 4—5 *м* (кроме светильников над кранами). В установках наружного освещения светильники чаще всего подвешивают на высоте 6—7 *м* над уровнем земли.

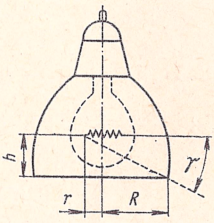


Рис. 276. Защитный угол светильника.

Форму поля можно принимать в виде квадрата, прямоугольника или ромба с острым углом 60° с отношением сторон не более 1,5. В таблице 50 указаны наиболее целесообразные отношения расстояния L между светильниками к высоте их подвеса h для различных светильников, если поле квадратное. При другой форме поля величину L можно найти, если принять площадь прямоугольного поля равной площади квадратного поля, а площадь ромбического поля равной 1,3 площади квадратного поля.

Точно соблюдать указанное соотношение $L : h$ не обязательно. Отступление от этого соотношения может быть обусловлено размерами помещения, желаемым качеством освещения, уменьшением теней (уменьшая L) и т. д.

Светильники с люминесцентными лампами следует размещать рядами (сплошными или с незначительными интервалами между ними) вдоль продольной оси помещения или параллельно стене с окнами. Расстояние между рядами светильников определяется по таблице 51.

При использовании люминесцентных ламп, как и при лампах накаливания, расстояние от крайних светильников или крайних рядов светильников до стен принимается в пределах $(1/2 \div 1/3)L$ в зависимости от того, что находится у стен: рабочие места или проходы.

Расстояние между светильниками наружного освещения выбирают из условий минимума общих эксплуатационных расходов.

Светильники с лампами ДРЛ нужно подвешивать на высоте не менее 4 *м* при мощности менее 400 *вт* и не менее 6 *м* — при большей мощности.

Таблица 48

Наименьшая высота подвеса над полом светильников с лампами накаливания в установках внутреннего освещения

Светильник и его характеристика	Наименьшая высота подвеса над полом (*м*)		
	в матированной колбе до 150 *вт*	в прозрачной колбе	
		200 *вт* и меньше	свыше 200 *вт*
«Универсаль» с диффузным отражателем без рассеивателя с защитным углом 10—30°, а также типа ПУ (промышленный уплотненный) и аналогичные	2,5	3	4
То же, но с рассеивателями, с коэффициентом пропускания до 80% в зоне 0—90°	—	2,5	3,5
«Альфа», глубокоизлучатель эмалированный и аналогичные без рассеивателей с защитным углом более 30°.	Не ограничивается		3
«Люцетта» цельного молочного стекла	2,5	3	4
Шары, плафоны	—	2,5	3
Зеркальные глубокоизлучатели . . .	2	2,5	3
Зеркальные широкоизлучатели . . .	3,5	4	6
Открытые лампы в патронах с колбой матированного стекла, зеркальные лампы без арматуры . .	—	4	6

Примечание. Светильники с защитным углом менее 10° без рассеивателей с лампами в прозрачных колбах не применяются.

§ 8. Виды и системы освещения

По своему назначению освещение может быть основным, или рабочим и аварийным.

По характеру исполнения различают три системы рабочего освещения: общее освещение, местное и комбинированное.

Общее освещение освещает все помещение или его часть более или менее равномерно на всех его участках. Светильники располагают равномерно вдоль помещения или локализованно. При локализованном расположении светильников достигается большая осве-

Таблица 49

Наименьшая высота подвеса над полом светильников с люминесцентными лампами в установках внутреннего освещения

Характеристика светильника	Наименьшая высота подвеса (*м*) при числе ламп в светильнике или светящейся полосе	
	4 и менее	более 4
Светильники с защитным углом в продольной и поперечной плоскостях, создаваемым отражателем или решетчатым затенителем:		
менее 15°	Не допускается	
15—25°	4	4,5
25—40°	3	3,5
более 40°	Не ограничивается	
Светильники с рассеивателями в зоне 0—90° с коэффициентом пропускания рассеивателей:		
менее 55%	2,6	3,2
55—80%	3,5	4

Таблица 50

Наименьшая высота подвеса светильников над уровнем земли на площадях, улицах, дорогах и проездах

Характеристика светильника	Наименьшая высота (*м*)
Светильники с защитным углом не менее 10° с лампой мощностью менее 150 *вт*	5,5
То же, с лампой 150 *вт*	6,0
» » » » 200—300 *вт*	6,5
» » » » 500—700 *вт*	7,5
» » » » 1000 *вт* и выше	8,5
Светильники с замкнутыми светорассеивающими стеклами	4,0
Светильники у входов в здания с лампами мощностью до 60 *вт*	2,5

щенность на определенных участках помещения и меньшая освещенность от этих же светильников на других участках помещения.

Местное освещение предназначается только для рабочих поверхностей. Светильник устанавливают на

Таблица 51

Выбор расположения светильников

Тип светильника	Отношение расстояния между светильниками (а при расположении рядами — между рядами светильников) L к расчетной высоте подвеса h	
	наивыгоднейшее	наибольшее допустимое
Зеркальные лампы глубокого светораспределения, люминесцентные светильники с решетчатым затенителем, создающим защитный угол 30° и более	1,1—1,3	1,4
Глубокоизлучатель эмалированный, «Люцетта», «Альфа»	1,6	1,8
«Универсаль», промышленный уплотненный и аналогичные при наличии отражателей	1,8	2,5
Светильники с горизонтальными люминесцентными лампами	1,4	1,5
Фарфоровый полугерметический шар молочного стекла, плафоны одно- и двухламповые, промышленный уплотненный и аналогичные — при отсутствии отражателей	2,3	3,2

рабочем месте в непосредственной близости от поверхности, которую он должен освещать. Местное освещение рабочей поверхности дополняется, как правило, общим освещением помещения. Устраивать только местное освещение запрещается.

К о м б и н и р о в а н н о е о с в е щ е н и е — это сочетание общего и местного освещения.

Обычно комбинированное освещение требует меньшей мощности, но дороже по первоначальным затратам, чем одно общее. Комбинированное освещение целесообразно применять при высокой точности работ, малой площади рабочих мест, редком их расположении.

Если технологический процесс по своему характеру не требует напряжения зрения (освещенность 30—50 *лк*), то система общего освещения более целесообразна, так как она требует меньших капитальных затрат. Если в помещении есть определенные рабочие места больших размеров, но работа не слишком точная, следует применять

общее локализованное освещение. При устройстве комбинированного освещения освещенность на рабочей поверхности от светильников общего освещения должна составлять не менее 10% от нормы комбинированного освещения, но не менее 100 *лк* при люминесцентных лампах и 30 *лк* при лампах накаливания.

Аварийное освещение предусматривается, помимо основного рабочего, в тех помещениях и на площадках, где отсутствие света может послужить причиной взрыва, пожара, может привести к длительному расстройству технологического процесса или нарушить снабжение потребителей электроэнергией, водой и т. д. Это освещение должно создавать освещенность не менее 10% от нормированной для общего рабочего освещения лампами накаливания. Аварийное освещение для эвакуации людей из помещения выполняют по линиям основных проходов и на ступеньках лестниц. Оно должно обеспечивать освещенность не менее 0,3 *лк*, а на открытых пространствах — не менее 0,2 *лк*. Светильники аварийного освещения включают вместе со светильниками основного освещения, что создает нормированную рабочую освещенность. Аварийное освещение можно использовать и как дежурное или охранное освещение в нерабочее ночное время.

§ 9. Простой способ расчета освещения лампами накаливания

Для приближенного, но практически вполне приемлемого подсчета мощности, потребной на освещение, можно пользоваться нормами удельного расхода мощности на электрическое освещение в *вт/м*^{2} (табл. 52).

Расчет освещения в целом ведут в такой последовательности (пользуясь таблицами).

1. Выбирают тип светильника для данного помещения.
2. Выбирают наивыгоднейшее расположение светильников.
3. Определяют мощность каждого из светильников по формуле

$$P_л = \frac{pS}{N}, \qquad (233)$$

где S — площадь помещения (*м*^{2});

Таблица 52

Рекомендуемые удельные мощности на освещение

Потребители	Удельная мощность (*вт* на 1 *м*² площади по наружному обмеру) для осветительной и бытовой нагрузок		Средняя мощность светоточки (*вт*)	Годовое число часов использования установленной мощности
	установленная, $p_{уст}$	максимальная, для расчета сети и выбора мощности подстанций		
I. Общественные помещения				
Сельсовет	18	9	100	800
Контора, дом приезжих, чайная	16	8	100	800
Магазин, больница	21	10	100	800
Столовая	21	10	130	800
Хлебопекарня	22	11	130	800
Детский сад, ясли	24	12	140	800
Школа	30	15	150	800
Клуб, отделение связи	27	13	100	800
Библиотека	17	8	100	800
Баня	33	15	150	800
Прачечная	25	12	110	800
II. Производственные помещения				
Гараж	11	5	100	800
Пожарное депо	8	4	100	800
Слесарно-механическая мастерская	12	6	150	1500
Деревообделочная мастерская	12	6	150	1500
Мельница	14	7	150	800
III. Животноводческие помещения				
Коровник с доильной площадкой	3,3	1,6	60	700
Доильная площадка	13	8	100	700
Коровник при доении в стойлах	5,5	2,5	90	700
Лаборатория, молочная	15	7	100	700
Телятник	3,7	1,8	75	700
Свинарник-маточник	3,3	1,6	75	700
Свинарник-откормочник	2,6	1,3	75	700
Скотный двор для откорма на мясо	2,2	1	60	700
Овчарня для овцематок	2	1	60	700
Конюшня	2,3	1	60	700
Птичник с дополнительным освещением, цыплятник	5	3	75	700

Продолжение

Потребители	Удельная мощность (*вт* на 1 *м*² площади по наружному обмеру) для осветительной и бытовой нагрузок		Средняя мощность светоточки (*вт*)	Годовое число часов использования установленной мощности
	установленная, $p_{уст}$	максимальная, для расчета сети и выбора мощности подстанций		
Кормоприготовительная	7	5	100	700
Пункт искусственного осеменения животных	6	4	75	700
IV. Складские помещения				
Зерно и овощехранилище	2	1	100	600
Яйцесклад	6	3	100	600
Склады оборудования и материалов . .	3	1	100	600
Весовая	12	8	150	600
Склад минеральных удобрений	2	1	100	600

N — число светильников, исходя из наивыгоднейшего их размещения;

p — удельная мощность на освещение ($вт/м^2$) (табл. 52).

В таблице приводится удельная мощность на освещение в *вт* на 1 *м*² по наружному обмеру. При расчетах соотношение между площадью по наружному обмеру и полезно освещаемой площадью следует принимать равным 1,2—1,25.

§ 10. Осветительные сети

Для питания осветительных устройств нельзя применять напряжение, превышающее 250 *в* по отношению к земле. Для местного освещения это напряжение может быть использовано только в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током. При повышенной опасности поражения для местного освещения применяется напряжение 36 *в* и менее (гл. XIX).

Если светильники устанавливаются на высоте менее 2,5 *м* в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, их можно включать в сеть 127—220 *в* только в том случае, если конструкция светильников исключает возможность случайного прикосновения к патронам или лампам. Это может быть достигнуто при помощи установки защитных сеток и стекол, снять которые невозможно без специальных приспособлений. Если защитных устройств нет, напряжение светильников не должно превышать 36 *в*.

А в а р и й н о е освещение можно питать от того же трансформатора, что и рабочее (при отсутствии другого трансформатора). По экономическим соображениям аварийное освещение (щитки) можно питать от силовых магистралей или питающих линий рабочего освещения, не предназначенных для питания тех же помещений или его частей. Если в здании имеется единственный ввод, то цепи рабочего и аварийного освещения, выполненные раздельно, можно питать от общего ввода. О х р а н н о е освещение питается от самостоятельной линии.

Электрические сети, предназначенные для освещения, подразделяются на питающие и групповые. П и т а ю щ а я с е т ь — та часть сетей, которая идет от подстанции до групповых щитков. Г р у п п о в а я с е т ь — это участки сети от групповых щитков до светильников.

Все осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания, а в ряде случаев и от перегрузки. Защиту от перегрузки нужно выполнять только в следующих случаях: а) для сетей внутри помещений, выполненных открыто проложенными незащищенными изолированными проводами с горючей оболочкой; б) для сетей в пожароопасных и взрывоопасных помещениях, а также взрывоопасных наружных установок; в) для осветительных сетей и сетей бытовых и переносных электроприемников в жилых и общественных зданиях, торговых помещениях и служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий.

Осветительные сети можно защищать автоматическими выключателями (автоматами) или плавкими предохранителями. Автоматы должны иметь электромагнитный расцепитель для защиты от коротких замыканий и тепловой — от перегрузок. Автоматы, имеющие только электромагнитный мгновенно действующий расцепитель, применять

не рекомендуется. Для осветительных сетей целесообразно применять комплектные распределительные пункты серии ПР-9000, укомплектованные автоматами А3161 и А3163 с тепловыми нерегулируемыми расцепителями и СУ9000 с автоматами А3114/1, А3124, А3134/1, А3144 с комбинированными (тепловым и электромагнитным) нерегулируемыми расцепителями, а также ящики с автоматами Я3161 и Я3163, осветительные щитки ОЩ и ОЩВ с установленными на них автоматами А3161 и А3163, осветительные щитки для жилых зданий этажные типа ЭЩ-7, квартирные типа ЩК-12, ПК2-25, которые оснащены автоматами АБ-25.

Для надежного отключения при коротком замыкании с наименьшим временем отключения необходимо, чтобы ток короткого замыкания в конце линии не менее чем в 3 раза превышал номинальный ток аппарата защиты. А во взрывоопасных помещениях это отношение должно быть не менее 6 для автоматов и 4 для предохранителей.

Для селективности защиты номинальные токи плавких вставок или уставок автоматов каждого последующего по направлению тока рекомендуется принимать не менее чем на две ступени ниже предыдущего.

Светильники рабочего освещения должны быть соединены в такие группы, чтобы все их токоприемники можно

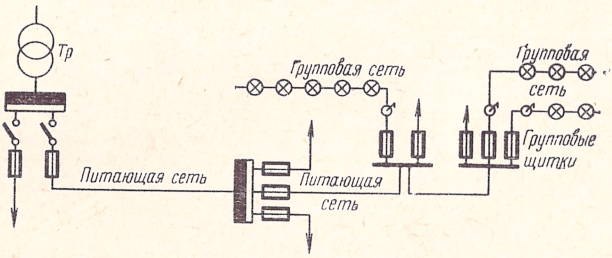


Рис. 277. Осветительная сеть

было включать одновременно. Нельзя объединять светильники производственных и конторских помещений и т. д. Если группы светильников включаются и отключаются одновременно, то на щитках должны быть установлены, кроме предохранителей, выключатели групп (рис. 277).

§ 11. Уход за электроосветительными приборами

Основные правила по уходу за светильниками следующие.

1. Осветительную арматуру можно использовать только с теми лампами, для которых она предназначена. Использование ламп большей мощности может привести к быстрому износу арматуры и лампы из-за перегрева. Вентиляция светильников рассчитана только на определенную мощность ламп. Перегрев вызовет быстрое старение изоляции проводов, введенных в светильник, перегрев патрона и цоколя лампы, размягчение цокольной мастики и выпадение колбы из цоколя. Могут также растрескаться стекло и эмаль отражателя.

2. Светильник должен быть полностью укомплектован. Отсутствие в светильниках отражателей и защитных стекол может привести к слепящему действию светильника.

3. Арматуру нужно надежно укреплять. Стеклянные колпаки большого размера крепят на арматуре дополнительной сетью из тонкой проволоки. Патрон не должен проворачиваться при ввертывании и вывертывании ламп. Лампу ввинчивать до отказа. Плохие контакты, в частности между цоколем и патроном, могут быть причиной недопустимого нагрева лампы, патрона и проводов, а также размягчения мастики цоколя из-за перегрева.

4. Для лучшей светоотдачи светильников необходимо своевременно очищать их от пыли, копоти и грязи. Чистить следует два раза в год в установках наружного освещения, один раз в месяц в установках, находящихся в чистых помещениях, два раза в месяц в помещениях с небольшим содержанием пыли, дыма и копоти (мастерских и др.) и четыре раза в месяц в помещениях с большим содержанием пыли, дыма, копоти, волокон и т. д. (кузнечных, мельницах, пенькотрепальных и др.).

Для очистки от сухой пыли светильники продувают ручными механизмами, а внутреннюю отражающую поверхность и лампу протирают мягкой сухой тряпкой. От грязи светильники очищают тряпкой, смоченной в керосине. Стеклянные элементы арматуры промывают в теплой воде с мылом, протирают тряпкой и выветривают досуха.

5. Осматривать светильники и чистить можно только при отключенных от источника питания линиях.

6. Светильники, в том числе и лампы, должны быть защищены от сотрясения и толчков при помощи пружинящих подвесов (на кранах, у лесопильных рам и т. д.).

7. Для лучшего использования светового потока и электроэнергии на электроосвещение в целом необходимо следить за чистотой стен и потолков в помещениях, своевременно очищать их от пыли и копоти или белить и красить заново.

§ 12. Производственное использование электрического света

Использование электрического света для борьбы с насекомыми-вредителями. Метод борьбы с насекомыми — вредителями полей, садов и огородов с использованием светоловушек дает максимальный эффект с одновременным применением химических средств уничтожения насекомых.

Простейшее приспособление для улавливания насекомых, летающих в ночное время, состоит из противня или корыта с водой с размещенной над ними лампой накаливания в арматуре типа «альфа» или «глубокоизлучатель». В воду добавляют керосин или ядовитые вещества. Насекомые летят на свет (отражение лампы в воде) и гибнут. Мощность лампы в отражателе — 60—100 *вт*. Для привлечения насекомых с большой площади сада или огорода вблизи от ловушки целесообразно на высоте 6 *м* устанавливать электролампу 25 *вт*.

Другой тип светоловушки — электрическая лампа — устанавливается у раструба с небольшим вентилятором, который засасывает насекомых, летящих на свет лампы, в марлевый мешок.

Весьма перспективно использование высоковольтных истребителей насекомых совместно с источником света (рис. 278). Высоковольтный истребитель представляет собой сетку из параллельных проволок (стальных или латунных) диаметром 1,5—2 *мм*, расположенных друг от друга в 8—9 *мм* и хорошо изолированных друг от друга (рис. 278, *а*). К проволокам через одну подводится напряжение 2—2,5 *кв* от повысительного трансформатора небольшой мощности, например типа ТГ-10/20 (рис. 278,*в*). Насекомое, летящее на свет через сетку, попадает под напряжение между двумя соседними проволоками и гибнет.

Ток короткого замыкания между проводами сетки не должен превышать 20 *ма*, чтобы избежать возможного поражения человека или животного. Такие сетки могут быть эффективно использованы и в дневное время при установке их на окнах животноводческого по-

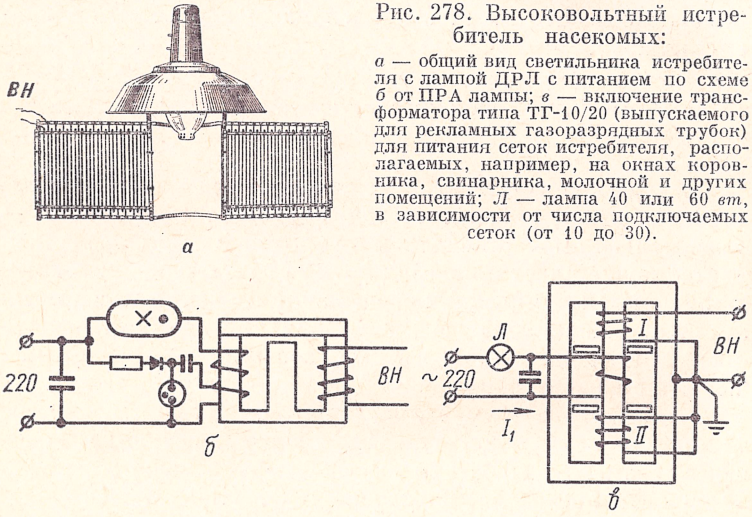


Рис. 278. Высоковольтный истребитель насекомых:

а — общий вид светильника истребителя с лампой ДРЛ с питанием по схеме *б* от ПРА лампы; *в* — включение трансформатора типа ТГ-10/20 (выпускаемого для рекламных газоразрядных трубок) для питания сеток истребителя, располагаемых, например, на окнах коровника, свинарника, молочной и других помещений; *Л* — лампа 40 или 60 *вт*, в зависимости от числа подключаемых сеток (от 10 до 30).

мещения или у приманки с сильным запахом, привлекающим насекомых. Изготавливать и устанавливать высоковольтные истребители, а также внимательно следить за их состоянием следует квалифицированным электрикам. При установке сеток на доступной для касания высоте их необходимо ограждать деревянными или металлическими решетками. Особенно тщательно должен быть изготовлен и налажен трансформатор. Ток короткого замыкания трансформатора снижают до 20—25 *ма* подбором магнитного шунта из пластин трансформаторного железа, устанавливая его между стержнями трансформатора, на которых раздельно располагаются первичная сетевая обмотка и вторичная высоковольтная (ВН).

Использование электрического освещения в птичниках для удлинения светового дня. В короткие дни осенне-зимнего периода яйценоскость птицы (в частности, кур) значительно снижается вследствие снижения жизнедеятельности птицы. Для увеличения яйценоскости эффек-

тивно используется добавочное электрическое освещение. В средней полосе Советского Союза добавочное электрическое освещение в птичниках рекомендуется использовать с октября до марта, включая его с 5—6 *ч* утра до полного рассвета и с наступлением сумерек до 20—21 *ч*. При использовании ламп накаливания для этой цели рекомендуемая норма расхода мощности 4—5 *вт* на 1 $м^2$ пола птичника. Лампы выбирают 60—100 *вт*, высота подвеса 2 *м*, расстояние между лампами 3 *м*. При номинальных условиях расход в среднем на курицу составляет 1,3—1,5 *квт·ч* в год. Яйценоскость кур повышается на 15—20% (годовая).

Выключать лампы на ночь следует постепенно, чтобы дать птицам время разместиться на насестах. Для этой цели пользуются следующими способами.

1. Выключение света «миганием», то есть периодическим включением и выключением, пока куры не расположатся на насестах. Этот способ имеет тот недостаток, что контакты выключателя быстро изнашиваются и сокращается срок службы ламп.

2. Выключение сперва части ламп (50—70%) на некоторое время, а затем «малого света» (рис. 279), когда куры разместятся на своих местах. Интенсивность «малого света» может быть подобрана путем наблюдения. Эта схема может быть переведена на автоматическое управление, если вместо выключателей использовать специальные контактные часы, которые выключали бы лампы по заданному графику.

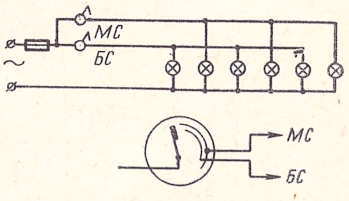


Рис. 279. Схемы включения ламп в птичнике по способу «малый» (МС) и «большой» (БС) свет.

3. Для постепенного выключения света можно пользоваться ползунковым реостатом, тенителем с автотрансформатором по типу тех, что используются для освещения сцены в театрах. Однако эти устройства дорогие.

Дополнительное освещение в теплицах и оранжереях. Свет играет большую роль в жизни растений. С помощью света и зеленого вещества листа растения — хлорофилла — происходит процесс фотосинтеза — накопления углево-

дов из углекислоты воздуха и в виде зеленой массы растений и плодов.

В зимний период, когда солнце не дает достаточного по интенсивности и продолжительности освещения, в остекленных теплицах и оранжереях естественное освещение можно заменить искусственным. Лучшие результаты достигаются в том случае, когда источник света, подобранный по интенсивности и по спектральному составу, наиболее полно удовлетворяет данное растение. Для выращивания рассады огурцов и томатов наиболее подходящая освещенность 9—10 тыс. *лк*, а для взрослых растений освещенность должна быть не менее 8 тыс. *лк*.

Многие северные растения плохо развиваются на юге. Это так называемые растения длинного дня. На севере летом день более продолжительный, чем на юге, и поэтому продолжительность темного периода в сутки более 8—10 *ч* задерживает развитие растения, его цветение и плодоношение. И наоборот, растения короткого дня задерживаются в развитии из-за недостаточной продолжительности ночного времени (минимум 10 *ч*). Это свойство многих растений, особенно цветов, широко используется для ускорения или отсрочки их зацветания, по мере необходимости. Для этой цели требуемая освещенность может не превышать нескольких сотен люксов.

Искусственное освещение широко применяется при выращивании рассады овощей, главным образом помидоров и огурцов. Для этой цели применяются зеркальные лампы накаливания, люминесцентные лампы (предпочтительнее ЛБ), лампы ДРЛ. Разрабатываются специальные лампы для светокультуры, в том числе лампы, аналогичные ДРЛ, но с зеркальной верхней частью колбы, а также ксеноновые лампы мощностью 3—6 *квт*. В настоящее время предпочтение следует отдавать лампам ДРЛ (250—500 *вт*), люминесцентным лампам ЛБ-40 и ЛБ-80 с бесстартерной схемой зажигания. Нормальные лампы накаливания применять экономически нецелесообразно. Вместо них могут быть использованы зеркальные лампы накаливания. Причем если нормальные лампы накаливания используют обязательно в движении, чтобы не вызвать ожогов у растений (или подвешивают их слишком высоко), то зеркальные лампы накаливания могут быть установлены неподвижно с определенными высотой и уг-

лом наклона колбы. Зеркальный отражательный слой колбы позволяет во много раз лучше использовать световой поток, чем любая арматура с нормальной лампой накаливания.

Спектр ламп дневного и белого света подобен спектру дневного рассеянного света. Благодаря трубчатой форме люминесцентные лампы равномерно освещают растение. Они не перегревают его, даже соприкасаясь с ним. По внешнему виду растения, выращенные под люминесцентными лампами, мало отличаются от выращенных летом при солнце. Для дополнительного освещения в теплицах люминесцентные лампы включают группами по 10—15 штук на специальных рамках.

Рамку для ламп изготавливают из сухого, пропитанного олифой, прочного дерева (дуба, бука и др.). Электрическую проводку выполняют проводом в полихлорвиниловой изоляции. Монтажные провода укладывают в паз рамки. Провода, идущие на дроссели или трансформаторы, собирают жгутом и на них надевают резиновый шланг. Концы собирают на многоштырьковую переходную колодку. Дроссели устанавливают в общем ящике. Дроссельный ящик изготавливают из досок. В дне и крышке просверливают отверстия для охлаждения. Рамки над стеллажами устанавливают на любой высоте при помощи блоков.

Для дополнительного освещения растений в теплицах промышленность выпускает специальные светильники типов: ОСТ-10-40 с десятью люминесцентными лампами мощностью 40 *вт* и десятью лампами накаливания НБ-127-40 (127 *в*, 40 *вт*), которые включаются последовательно с люминесцентными лампами вместо балласта (в сеть 220 *в*); ОСТ-1-500 и ОСТ-1-1000 соответственно с лампами ДРЛ-500 и 1000 *вт*.

Спектр люминесцентных ламп беден тепловыми лучами (с длиной волны от 0,7 *мк* и более), поэтому температура стекла не превышает 40—45°. Это позволяет пользоваться экраном из белого картона или бумаги, укладываемым непосредственно на рамку с лампами. Экран увеличивает световой поток, идущий книзу. Освещенность растений увеличивается в 1,5—1,6 раза.

Для освещения растений высотой 50—60 *см* и более рамки с лампами рекомендуется располагать вертикально.

При соблюдении требуемого светового и температурного режимов сроки выращивания рассады в зимние месяцы сокращаются вдвое: рассаду помидоров получают за 30—35 дней вместо 60, огурцов — за 15—18 дней вместо 30—35 и т. д.

Рассаду помидоров начинают освещать сразу же после появления всходов. Продолжительность освещения 8—10 *ч*/сутки, чтобы общая длина светового периода была равна 15—16 *ч*. Для рассады огурцов необходимая продолжительность светового периода 12—14 *ч*.

Электрическое освещение полевых работ в ночное время. Тракторный агрегат освещают специальными лампами накаливания типа ТН низкого напряжения на 6 или 12 *в*, мощностью до 10—15 *вт*. В качестве источников тока служат генераторы, устанавливаемые на тракторах. В качестве светильников используются фары или софиты.

Для освещения молотильного тока (от сети) используют светильники с арматурой наружного освещения с лампами 200—300 *вт*, глубокоизлучатель с лампой 300—500 *вт*, фарфоровый полугерметический с лампами 60 *вт*. Светильники располагают так, чтобы хорошо были освещены все рабочие места. Для освещения скирд соломы рекомендуется использовать прожекторы типа ПЗС-35 с лампами по 500 *вт*.

Глава XXVI

Использование ультрафиолетовых, инфракрасных и других излучений в сельском хозяйстве

§ 1. Диапазон ультрафиолетовых лучей. Источники ультрафиолетового излучения

Источником ультрафиолетовых лучей в природных условиях является солнце. К ультрафиолетовым лучам относят излучения с длиной волны от 10 до 380 *ммк*. Коротковолновые ультрафиолетовые лучи солнца интенсивно поглощаются озоном, находящимся в верхних слоях

атмосферы. Лучи с волной короче 290 *ммк* практически не доходят до поверхности земли.

Ультрафиолетовые лучи играют очень важную роль в биологических процессах. Они необходимы и людям и животным. Их недостаток, особенно в северных широтах, болезненно переносится организмами людей и животных. Естественная ультрафиолетовая недостаточность в этом случае может быть компенсирована излучениями искусственных источников.

Диапазон ультрафиолетовых излучений делится на три области: A, B и C. Область A — длинноволновой или ближней (к видимым лучам) ультрафиолетовой радиации с длинами волн от 380 до 320 *ммк* непосредственно примыкает к фиолетовому участку солнечного спектра. Излучения этой области используют для люминесцентного анализа, а также для возбуждения светящихся веществ в сигнальных и других устройствах. Биологическая активность этих излучений относительно невелика.

Область B является областью средневолновой ультрафиолетовой радиации с длинами волн примерно от 320 до 275 *ммк*. Излучения этой области оказывают благотворное действие (при определенных дозах облучения) на животные организмы. Излучения с длинами волн короче 315 *ммк* способны превращать провитамин D в активно действующий витамин D. Этот витамин управляет отложениями солей кальция в костных тканях животных.

К области C — коротковолновой или дальней ультрафиолетовой радиации — относятся излучения с длинами волн от 275 *ммк* и короче. Лучи этой области имеют сильное бактерицидное действие. Они используются для стерилизации воздуха, воды, посуды и т. д. Они также используются для возбуждения светящихся составов в люминесцентных лампах. На растения эти лучи действуют губительно.

Мерой мощности ультрафиолетового излучения является ультрафиолетовый поток. Бактерицидное излучение оценивается значением бактерицидного потока, единица которого — бакт (*б*) — численно равна потоку ультрафиолетового излучения с длиной волны 254 *ммк* и мощностью 1 *вт*. Аналогично существуют термины эритемный поток и антирахитный поток. Для их измерения принята единица измерения эр (*эр*), который равен по-

току ультрафиолетового излучения с длиной волны 297 *ммк* и мощностью 1 *вт*.

На рисунке 280 представлены кривые относительной эффективности ультрафиолетовых излучений в зависимости от длины волны. Эритемное действие излучений в пределах длин волн 280—320 *ммк* благотворно влияет на человеческий организм. Характер эритемного действия излучений короче 280 *ммк* пока недостаточно хорошо изучен. Кривая антирахитной эффективности носит ориентировочный характер, так как она недостаточно точно определена для лучей с различной длиной волны.

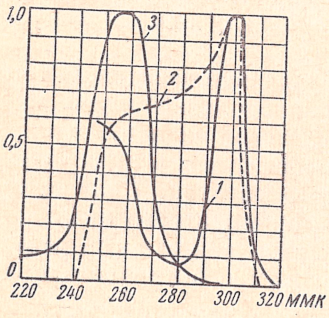


Рис. 280. Кривые относительной эффективности ультрафиолетовых излучений в зависимости от длины волны:
1 — эритемная; *2* — антирахитная; *3* — бактерицидная.

Существует ряд методов генерирования ультрафиолетовых лучей.

Метод температурного излучения используется в лампах накаливания. Можно использовать также электрическую дугу. Температурные источники имеют сплошной спектр, максимум которого располагается соответственно температуре излучателя. В лампах накаливания температура излучения лежит примерно на уровне 2800° К. Поэтому излучение в ультрафиолетовой области незначительно. У ламп с колбами из обычного стекла практическое использование находят ультрафиолетовые лучи области А.

Метод генерирования ультрафиолетовых лучей через электрическое возбуждение газов и паров металлов используется в ртутных и других газоразрядных лампах. Принцип излучения в газоразрядных лампах был рассмотрен выше. Излучения возникают при переходе атома из возбужденного в нейтральное состояние. Причем чем выше скорость движения электронов в лампе и чем больше степень возбуждения атомов, тем короче волна излучения. Вследствие вышеизложенного в ртутных лампах, предназначенных для генерирования коротковолновых

(бактерицидных) излучений, применяют низкие давления (менее 1 *мм рт. ст.**). При низком давлении возможность столкновения электрона с атомом мала и электрон до столкновения успевает приобрести высокую скорость. Для генерирования средневолновых ультрафиолетовых лучей применяют лампы с внутренним давлением паров ртути порядка 400—700 *мм рт. ст.* Для генерирования видимых излучений используют лампы сверхвысокого давления (СВД) с давлением паров ртути при рабочем состоянии до 100 *ат.* В этих лампах значительной величины достигает температурное излучение, и спектр излучения приближается к сплошному.

Метод генерирования ультрафиолетовых лучей посредством люминесценции применяется, например, в эритемных лампах из увиолевого стекла (ЭУВ). Ультрафиолетовые излучения области В генерируются в результате люминесценции специального люминофора, нанесенного на внутреннюю поверхность трубки лампы низкого давления. Этот метод наиболее экономичен для получения излучений области В. Ниже рассматриваются источники ультрафиолетовых излучений, нашедшие практическое применение в сельском хозяйстве.

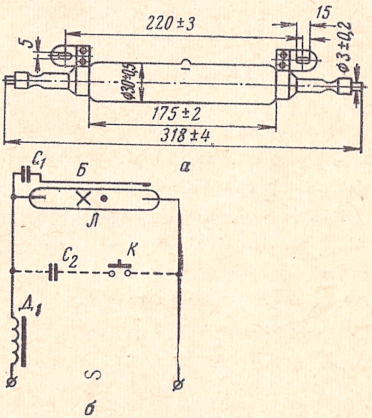


Рис. 281. Лампа ПРК-2 (*а*) и схема ее включения (*б*).

1. Ртутно-кварцевая лампа типа ПРК (прямая ртутно-кварцевая, рис. 281, *а*) представляет собой трубку из плавленого кварца, заполненную газом аргоном при низком давлении и небольшим количеством ртути. При горении лампы давление паров ртути поднимается до 1 *ат.* На концах трубки впаяны электроды из вольфрама, обвитые спиралью со слоем оксида. Во время работы лампы между электродами возникает дуго-

* *рт. ст.*— ртутного столба.

вой разряд. Схема включения лампы представлена на рисунке 281, *б*.

Лампы ПРК используют в сети переменного тока 127 или 220 *в*. Нормальное положение ламп при работе — горизонтальное. Режим работы устанавливается через 8—15 *мин* после включения. Лампы ПРК дают мощный поток ультрафиолетовых лучей с длинами волн от 240 *ммк* до границ видимого спектра. Они применяются с профилактической и лечебной целью в медицине, а также для бактерицидного и эритемного облучения в животноводческих помещениях, в первую очередь молодняка. Эти лампы применяются также для люминесцентного анализа. Срок службы ламп ПРК не менее 800 *ч*.

Основные параметры ртутно-кварцевых ламп при эксплуатации в сетях переменного тока приведены в таблице 53.

Установившийся режим наступает при полном испарении паров ртути. Цепь в схеме включения лампы, состоящая из кнопки К и конденсатора C_2, имеет назначение облегчить зажигание лампы. При нажатии кнопки в цепи дросселя $Д$ и конденсатора C_2 проходит ток. При размыкании кнопки магнитное поле дросселя исчезает и наводит импульс э. д. с., больший, чем напряжение сети. Этот импульс пробивает промежуток между электродами в лампе, и она загорается. При нормальной окружающей температуре эта цепь не используется. Разряд возникает при сетевом напряжении. Конденсатор C_1 и металлическая полоска $Б$ также предназначены облегчить зажигание лампы.

Таблица 53

Ртутно-кварцевые лампы

Тип лампы	Номинальное напряжение сети (*в*)	Пусковой ток (*а*)	Продолжительность разогрева наибольшая (*мин*)	Установившийся режим		
				ток лампы (*а*)	напряжение на лампе (*в*)	мощность (*вт*)
ПРК-2	220	6	15	$3{,}75 \pm 0{,}25$	120 ± 6	375 ± 13
ПРК-4	127	5	10	$3{,}75 \pm 0{,}3$	70 ± 5	220 ± 8
ПРК-5	220	4,2	15	$2{,}3 \pm 0{,}15$	120 ± 6	240 ± 11
ПРК-7	220	14	10	$8{,}5 \pm 0{,}5$	135 ± 6	1000 ± 40

Максимум излучения ртутно-кварцевых ламп при давлении 1 *ат* приходится на спектральную линию 365 *ммк*.

2. Эритемные люминесцентные лампы типа ЭУВ-15 и ЭУВ-30 устроены подобно обычным люминесцентным лампам ДС или БС, но отличаются от них составом люминофора и сортом стекла трубки. Состав люминофора подбирается так, чтобы он излучал в пределах 280—380 *ммк*, что соответствует недостающему зимой ультрафиолетовому излучению солнца. Максимум излучения лежит в пределах 310—320 *ммк*. Излучение этой лампы богато не только эритемным действием, но и антирахитным, так как относительные эритемная и антирахитная эффективности в значительной мере совпадают. В спектре лампы отсутствует коротковолновый ультрафиолет. Это является положительным моментом. Трубка лампы выполнена из специального увиолевого стекла, хорошо пропускающего ультрафиолетовое излучение люминофора и не пропускающего лучи с волной 253,7 *ммк* и короче. Обозначение лампы ЭУВ-15 расшифровывается так: эритемная из увиолевого стекла, мощностью 15 *вт*. Лампа потребляет на себя без учета пусковых приспособлений 15 *вт*. При работе лампа дает слабое голубое свечение, что вызывается излучением паров ртути в видимой области спектра, проходящим через слой люминофора. Схема включения лампы аналогична схеме включения люминесцентных ламп дневного или белого света. Эритемные люминесцентные лампы применяются в облучательных эритемных установках для компенсации ультрафиолетовой недостаточности. Наибольшее распространение могут получить облучательные эритемные установки длительного действия, обеспечивающие во всем помещении малую эритемную облученность.

Эритемные облучающие установки длительного действия в первую очередь рекомендуется устраивать: в детских учреждениях (яслях, детсадах, школах); в лечебно-профилактических учреждениях (больницах, санаториях, домах отдыха); в жилищах (общежитиях, интернатах), расположенных севернее 60° широты; в производственных и общественных помещениях, лишенных естественного света; в животноводческих помещениях для облучения молодняка сельскохозяйственных животных и птицы.

Эритемные люминесцентные лампы можно применять комбинированно с люминесцентными лампами, а также

с лампами накаливания. Их можно использовать с искусственным освещением в основном в темные часы суток. В связи с тем что осветительные и эритемные лампы, возможно, будут действовать в разное время, необходимо предусматривать раздельное включение и выключение эритемных и осветительных ламп.

Облучающие установки могут быть выполнены либо с равномерным, либо с локализованным размещением облучающих приборов. При одновременном их использовании с люминесцентными осветительными лампами рекомендуется устанавливать их в общих светильниках. При этом эритемные лампы размещают таким образом, чтобы избежать значительного ослабления ультрафиолетового потока. Для защиты зрения применяют либо светильники с системой плоских пластинок, либо светильники отраженного света. Последние рекомендуются для палат в больницах и в спальных комнатах. Для животноводческих помещений используют открытую корытообразную арматуру.

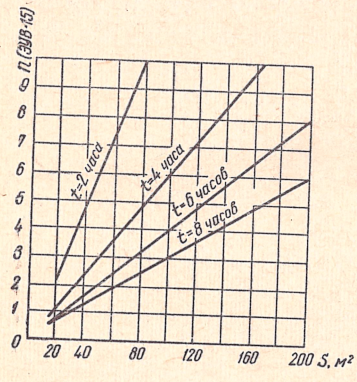


Рис. 282 График для ориентировочного подсчета числа эритемных ламп в облучающих установках в зависимости от площади помещения и продолжительности включения ламп:
Б — площадь помещения (м²); *t* — число часов включения ламп; *n* — рекомендуемое число ламп ЭУВ-15.

Время действия облучающей установки определяется временем использования данного помещения. Например, производственные помещения используются в течение 8 *ч*, а классные — в течение 4—5 *ч*. Доза подсчитывается как произведение облученности на время действия установки.

Ориентировочно число эритемных люминесцентных ламп мощностью 15 *вт* может быть принято из графика на рисунке 282.

3. Бактерицидные лампы БУВ представляют собой газоразрядные ртутные лампы низкого давления, устроенные подобно лампам ДС, БС и ЭУВ. Трубки выполняются из кварцевого увиолевого стекла, хорошо пропускающего бактерицидные излучения с дли-

ной волны 254 *ммк*. Люминофором трубка не покрывается. Эти лучи вызывают конъюнктивит — болезненное воспаление глаза. Поэтому смотреть на лампу можно только через очки из толстого обычного (неорганического) стекла.

Бактерицидные лампы изготавливают четырех типов: БУВ-15 и БУВ-30 мощностью 15 и 30 *вт* и лампы БУВ-30П и БУВ-60П повышенной плотности тока, номинальной мощностью 30 и 60 *вт*. Средний срок службы ламп—1500 *ч*. В конце срока службы бактерицидный поток составляет не менее 50% номинального.

Схемы включения бактерицидных ламп аналогичны схемам включения эритемных и люминесцентных ламп.

Бактерицидные лампы можно применять: для обеззараживания воздуха помещений лечебных учреждений, бактериологических лабораторий, станций переливания крови, театров и кино, школ, детских учреждений и т. д.; для обеззараживания стен, пола, потолка в помещениях, а также предметов обихода; для обеззараживания питьевой и минеральной воды; для обеззараживания и предохранения от микробного загрязнения пищевых продуктов, оборудования и тары на пищевых предприятиях.

Обеззараживать воздух помещений ультрафиолетовым облучением можно как в присутствии, так и в отсутствие людей. При обеззараживании воздуха в присутствии людей необходимо применять меры к максимальному сокращению бактерицидной облученности на уровне до 2 *м* от пола. Применять неэкранированные («голые») лампы, которые могут оказываться в поле зрения, категорически запрещается.

При обеззараживании воздуха в присутствии людей в высоких помещениях (более 3 *м*) нужно размещать бактерицидные лампы в специальной арматуре на высоте не ниже 2 *м* от пола. Арматура должна направлять бактерицидный поток в верхнюю зону так, чтобы угол между горизонтальной плоскостью, проходящей через лампу, и лучами от нее был не менее 5°.

В соответствии с этими требованиями разработаны специальные настенный (типа НБО) и потолочный (типа ПБО) облучатели. Удельная установленная мощность не должна превышать 0,75—1 *вт* на 1 $м^3$ помещения.

В помещениях с пребыванием в них большого числа людей рекомендуется облучать воздух в течение всего времени пребывания людей. При правильно рассчитанной

установке и правильной ее эксплуатации погибают до 70% общего количества бактерий. Болезнетворные бактерии более чувствительны к лучам, поэтому их гибнет больше. Активность оставшихся бактерий снижается. Если в помещении отсутствует вентиляция и за 1,5—2 *ч* в нем накапливается значительное количество озона, необходимо выключать установку на 30—60 *мин* и проветривать помещение.

Лампы целесообразно размещать на пути конвекции воздуха или в вентиляционных каналах. Их можно также ставить в специальных рециркуляционных установках, через которые прогоняется воздух. Такие рециркуляционные установки представляют собой короткие трубы из жести с бактерицидными лампами внутри и небольшим вентилятором.

Для облучения предметов обихода (посуды, игрушек и т. д.) целесообразно применять переносную облучательную установку с 1—3 лампами БУВ-30П. Предметы облучают в хорошо промытом или очищенном виде не менее 10 *мин*. Для обеззараживания питьевой и минеральной воды лампы размещают как в воздухе, непосредственно над поверхностью воды, так и в самой воде. В последнем случае лампы закрывают кварцевыми чехлами от механических повреждений и непосредственного охлаждения водой.

Установки с лампами используют также для обеззараживания воздуха в продуктовых складах, молочных, инкубаториях, в животноводческих помещениях. В больших складах продуктов принимают удельную мощность, равную 0,3 *вт/м*^{3}. Для малых камер хранения норма может быть увеличена до 2,5 *вт/м*^{3}. Длительность облучения — 12 *ч*/сутки (по 6 *ч*). Для животноводческих помещений норма пока не найдена.

Ультрафиолетовые бактерицидные лучи могут быть использованы для обработки затхлого зерна после длительного хранения или перевозки водным путем. Зерно в этом случае промывают, сушат и облучают. При обеззараживании молока его облучают в тонком слое в течение 10—30 *сек*. После этого молоко хранят при температуре 5°. Целесообразно облучать цитрусовые при хранении. Плоды облучают не ранее чем через 2 месяца после их сбора при температуре 3° в течение не менее 10 *мин*.

При стерилизации тары, предметов

оборудования, рабочих мест неспороносные микроорганизмы за первые 30 *сек* на расстоянии 20 *см* от лампы БУВ-15 погибают на 90—95%. Для уничтожения спор плесени длительность облучения нужно довести до 5—15 *мин*. Шероховатая поверхность, а также ее загрязнение значительно снижают эффективность ультрафиолетового облучения.

Промышленность выпускает для бактерицидного облучения воздуха облучатели типа ОБУ-1-15 и ОБУ-1-30 с лампами соответственно БУВ-15 и БУВ-30.

§ 2. Нормы эритемного облучения сельскохозяйственных животных и птицы. Эффективность облучения

Нормы облучения, приводимые в таблице 54, установлены многократными опытами и рекомендуются секцией по ультрафиолетовому облучению при Академии наук СССР.

Таблица 54

Нормы эритемного облучения животных

Облучаемые животные и птица	Ежедневная доза облучения (*мэр·ч/м²*)
Коровы	180
Телята от рождения до 10-дневного возраста	40
Телята взрослые	100
Свиноматки	180
Поросята подсосные	30
Свиньи откормочные	120
Куры при вольном содержании в птичниках	80
Цыплята при брудерном содержании	10—80 — при ежедневном постоянном увеличении облучения

Эритемная облученность, создаваемая различными источниками ультрафиолетовых лучей, на разных расстояниях от них, приведена в таблице 55.

Пользуясь данными приведенных таблиц, можно рассчитать потребное облучение. Например, для облучения поросят доза (табл. 54) равна 30 *мэр·ч/м²*. Высота под-

Таблица 55

Эритемная облученность (*мэр/м²*)

Тип лампы	Высота подвеса над спиной (*м*)			
	1	1,5	2	4,5
ПРК-2	720	319	180	114
ПРК-4	420	186	105	67
ЭУВ-15	20	8,9	5	3,2
ЭУВ-30	42	18,6	10,6	6,7

веса лампы ЭУВ-15—2 *м*. Из таблицы 55 находим, что эритемная облученность в этом случае равна 5 *мэр/м²*. Чтобы получить дозу облучения 30 *мэр·ч/м²*, необходимо ежесуточно проводить облучение в течение 6 *ч*, то есть

$$5 \text{ мэр/м}^2 \cdot 6 \text{ ч} = 30 \text{ мэр} \cdot \text{ч/м}^2.$$

Животных нужно приучать к облучению постепенно: в течение первых 5 дней давать четверть дозы, затем половину и, наконец, полную дозу.

Солнечный свет имеет важное значение для роста организма. Недостаток его приводит к нарушениям в системе кровообращения и в обмене веществ. Возникает малокровие, развивается рахит. Организм слабеет и становится легко восприимчивым к другим заболеваниям. Рахит, как отмечалось выше, начинается в результате недостатка витамина D. Витамин D образуется в самой коже животного из имеющегося в ней продукта — эргостерина под воздействием ультрафиолетовых лучей. Без ультрафиолетовых лучей организм не вырабатывает витамина D. Искусственное ультрафиолетовое облучение животных и птицы особенно необходимо в осенне-зимний период. Для широт Советского Союза этот период длится с ноября по апрель включительно, когда естественная солнечная радиация недостаточна. Во всех случаях целесообразно устанавливать сроки облучения в зависимости от климатических зон и условий содержания скота.

В результате опытов, проводимых рядом научно-исследовательских учреждений, было установлено, что по сравнению с контрольными у облучаемых поросят привес увеличился на 21—24%, у телят на 18—25%, удойность

коров повысилась на 10—12%, яйценоскость кур — на 20—25%. Наблюдается общее оздоровительное действие, в результате которого снижаются различные заболевания и отход молодняка.

Большой эффект дает также облучение кормов (дрожжей, рыбной муки, молока и т. д.) с целью обогащения их витамином D. Но при этом необходимо строго соблюдать дозировку облучения, так как повышенные дозы облучения приводят к превращению витамина D в ядовитые для животных продукты.

Для облучения животных и птицы можно использовать как стационарные, так и передвижные облучающие установки. В стационарных облучающих установках применяются светильники с лампами типа ЭУВ-15, ЭУВ-30. В передвижных облучающих установках используются лампы типа ПРК-2 и ПРК-4, которые перемещаются вдоль всего помещения специальной приводной станцией и поочередно облучают всех животных прямо в станках.

В птичниках ультрафиолетовое облучение можно осуществить одновременно с удлинением светового дня. Для этой цели наиболее целесообразно использовать эритемные лампы ЭУВ.

При одновременном использовании эритемных ламп ЭУВ и ламп накаливания можно обойтись без дросселей. Лампы накаливания используют вместо дросселей. Две лампы накаливания по 40 *вт* на 127 *в* включают последовательно между собой и с эритемной лампой. При включении в сеть 380 *в* люминесцентная лампа загорается без стартера. Для надежного зажигания на лампы снаружи можно наложить заземленные металлические полоски (из фольги). При этом зажигание возможно даже при +2, +3° окружающей температуры. Один такой комбинированный светильник рекомендуется монтировать из расчета на 15—20 $м^2$ облучаемой площади. При высоте подвеса светильника 2—2,3 *м* на уровне пола создается облученность 10—12 $мэр/м^2$. Необходимая доза ультрафиолетового облучения достигается изменением продолжительности облучения. Схема и общий вид такого комбинированного светильника представлены на рисунке 283.

На птицефабриках, когда куры круглый год содержатся в многоярусных металлических клетках (батареях) и полностью лишены естественного солнечного освещения, для предупреждения рахита и других заболеваний в их

рацион вводят витамин D или проводят систематическое облучение ультрафиолетовыми лучами. Для облучения кур в клетках созданы специальные передвижные установки.

Установка монтируется на самоходной тележке и приводится в движение от электродвигателя. На тележке установлены также барабан с питающим кабелем и две кварцевые лампы ПРК-2 с пусковой аппаратурой. Лампы устанавливаются на разных уровнях, на высоте от пола 0,9 и 2 *м*. Этим обеспечивается равномерное облучение по этажам батареи. Потребляемая из сети мощность равна 1 *квт*, общий вес установки до 80 *кг*. Дозировка регулируется скоростью передвижения установки вдоль клеток.

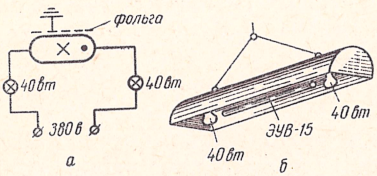


Рис. 283. Комбинированный светильник с эритемной люминесцентной лампой и двумя лампами накаливания:
а — схема; *б* — общий вид светильника.

Расход электроэнергии на облучение одной курицы в месяц составляет 0,06 *квт·ч*. При клеточном содержании кур и цыплят ультрафиолетовое облучение необходимо проводить круглый год.

Промышленностью выпускаются следующие типы облучателей для сельского хозяйства: ЛЭСХ-2-40/30 — с одной люминесцентной (40 *вт*) и одной эритемной (30 *вт*) лампами для животноводческих и птицеводческих помещений; ЭО-1-30 — эритемные облучатели животных и птицы с лампой ЭУВ-30 и лампой накаливания НБ-127, 40 *вт*, включаемой последовательно, вместо балластного дросселя с лампой ЭУВ-30 в сеть 220 *в*.

§ 3. Люминесцентный анализ в сельском хозяйстве

Длинноволновые ультрафиолетовые лучи области А вызывают свечение многих веществ и микроорганизмов, в том числе и сельскохозяйственных продуктов.

Анализ проводят в темном помещении с помощью источника ультрафиолетовых лучей, желательно мощного, например лампы ПРК или СВД в закрытой арматуре из жести, в которой имеется окно с фильтром из черного ув и-

олевого стекла (типа УФС-3). Этот фильтр задерживает видимые лучи и пропускает невидимые ультрафиолетовые лучи. Это требуется для того, чтобы относительно слабое свечение не забивалось видимыми лучами и не мешало наблюдению.

Различают сортовой и химический люминесцентный анализ. Сортовым люминесцентным анализом условно называют способ отбора объектов по их свечению без дополнительных химических люминесцентных реакций, с помощью которых можно получить не только качественное, но и количественное определение вещества.

Люминесцентный анализ применяется во многих отраслях народного хозяйства, науке и технике. Очень велики возможности использования люминесцентного анализа в сельском хозяйстве. С помощью люминесцентного анализа может быть выявлено в начальной стадии заболевание картофеля фитофторой. Для анализа на внутренние заболевания разрезают 50 клубней и просматривают в ультрафиолетовых лучах. Наличие в разрезах мест, флуоресцирующих ярко-голубым цветом, указывает на скрытую слабую форму заболевания. Черные пятна с голубыми краями указывают на сильное поражение фитофторой. Подмороженный картофель определяют по белесому свечению.

Можно также определить заболевания и повреждения лука репчатого, чеснока, моркови, свеклы, брюквы и т. д. Люминесцентный анализ позволяет также определить наличие спорыньи в муке, примесь минерального масла к растительному, выявить скрытые формы порчи мяса, рыбы, зерна, определить съедобные, несъедобные и ядовитые грибы, определить качество молока и его продуктов, фруктовых соков и вин, яиц и т. д. Можно правильно распознать отдельные сорта семян, морфологически сходные между собой и трудно различимые по внешним признакам.

Люминесцентный анализ может найти самое широкое применение в различных отраслях социалистического сельского хозяйства. Преимущество метода в том, что анализ проводится быстро, с небольшими затратами средств и материалов.

Простейший аппарат для люминесцентного анализа представляет собой ящик (рис. 284), состоящий из двух

отделений. В верхнем отделении находится ртутно-кварцевая лампа *2* типа ПРК. Между верхним и нижним отделениями устанавливается светофильтр *1* типа УФС-3. В нижней части помещаются исследуемые объекты. Пусковые приспособления могут монтироваться отдельно. Верхняя часть должна иметь хорошую вентиляцию (отверстия в задней части и по бокам и щели с козырьками сверху). Светофильтр нельзя размещать ближе 200—250 *мм* от лампы. Работа проводится в затемненном помещении.

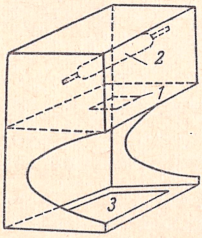


Рис. 284. Схема аппарата для люминесцентного анализа:

1 — окно со светофильтром УФС-3; *2*-лампа ПРК; *3* — место для исследуемого объекта.

Промышленностью также выпускаются установки для люминесцентного анализа.

Настольный ультрафиолетовый осветитель типа КП-1-Н имеет лампу СВД-120А и светофильтр УФС-4 с максимумом пропускания на волне 365 *ммк*.

При проведении работы необходимо следить за тем, чтобы в глаза не попадали прямые лучи от лампы через фильтр. В этом случае начинают люминесцировать ткани глаза. Зрение быстро утомляется, производительность труда падает.

§ 4. Источники инфракрасных лучей

К тепловым инфракрасным излучениям относятся излучения с длиной волны от 0,76 до 240 *мк*. Эти лучи лежат за красными лучами в сторону увеличения длины волны и поэтому называются инфракрасными. Они излучаются всяким нагретым телом. Их природа также электромагнитная. При нагреве тела усиливается колебательное движение молекул, сопровождающееся излучением электромагнитных колебаний, длины волн которых соответствуют инфракрасным лучам.

Солнечный спектр богат инфракрасными лучами, особенно в диапазоне волн от 0,76 до 5 *мк*. На долю этих волн приходится основная часть солнечной тепловой энергии.

В качестве искусственных источников инфракрасных лучей могут быть использованы любые тела, нагретые до высокой температуры. Хорошим источником этих лучей

является обычная лампа накаливания, которая превращает в тепловые лучи до 65% всей подводимой к ней энергии. Но использовать лампы накаливания в качестве источников тепловых лучей неэкономично.

В практике получили распространение специальные лампы накаливания — термоизлучатели, которые предназначаются для сушки лучистой тепловой энергией разных изделий, материалов, окрашенных поверхностей, продуктов и т. д.

Промышленность выпускает лампы-термоизлучатели (зеркально-сушильные лампы) типов ЗС-2 (127 *в*, 250 *вт*), ЗС-1 (127 *в*, 500 *вт*), ЗС-3 (220 *в*, 550 *вт*) и т. д. Эти лампы имеют колбу параболической формы с внутренним зеркальным покрытием. Температура нити накала понижена по сравнению с нормальными осветительными лампами аналогичной мощности, в результате чего срок службы увеличивается до 2000—10 000 *ч* вместо 1000 *ч* у осветительных ламп накаливания.

Тело накала располагается в фокусе параболической части колбы и дает концентрацию лучистого потока в определенном направлении. Эти лампы не требуют дополнительных отражающих устройств, что очень удобно в эксплуатации. Они рассчитаны на использование при температуре окружающей среды не выше 70°. Поэтому цоколи должны защищаться от действия высоких температур. Колбы ламп сверху защищают от попадания холодных капель воды на их раскаленную поверхность, так как это может привести к преждевременной порче лампы. Их нельзя применять в помещениях, содержащих горючие пары и газы.

§ 5. Применение инфракрасных лучей

Инфракрасные лучи хорошо проникают в глубь органического материала. Поэтому их весьма целесообразно использовать для сушки сельскохозяйственных продуктов: фруктов, овощей, зерна, грибов, орехов и т. д. При сушке зерна одновременно можно проводить дезинсекцию от вредителей, например амбарного долгоносика, мучного клеща и т. д. Хорошие результаты дает также сушка древесины. Широкое применение находит в народном хозяйстве сушка лакокрасочных покрытий. Лучи проникают через слой краски, отражаются от металла, и сушка

идет из глубины. Они могут применяться для быстрого прогрева поверхности перед окраской, лужением, пайкой или при посадке деталей в горячем состоянии и т. д.

Хорошие результаты дает использование инфракрасных лучей при воспитании молодняка сельскохозяйственных животных и птицы в холодное зимнее время, а также при лечении животных.

Для облучения поросят в станке отгораживают горизонтальными планками угол площадью 0,5 $м^2$ так, чтобы туда могли свободно заходить только поросята. Лампу ЗС-3 подвешивают на высоте 1 *м* в центре отгороженного места. После рождения поросят первые 3 дня их облучают до 20 *ч* в сутки. Затем время облучения постепенно сокращают до 10 *ч* и менее, в зависимости от наружной температуры. К полуторамесячному возрасту облучение прекращают. При облучении обычно не наблюдается простудных заболеваний, рост идет более интенсивно. К 12—16-дневному возрасту поросята охотно пользуются подкормкой.

Инфракрасные лампы применяются также и для обогрева цыплят в неотапливаемых помещениях. Четыре лампы по 250 *вт* используются в установке на 400 цыплят. Высота подвеса ламп меняется, в зависимости от возраста цыплят, в пределах 40—80 *см*. На первые две недели обогреваемое место должно быть отгорожено небольшим плотным барьером (от сквозняков).

Одним из недостатков использования инфракрасных ламп является отсутствие резервирования тепла на случай перерыва в электроснабжении.

В медицине инфракрасные излучения используются при лечении самых различных заболеваний. Лучи хорошо проникают в ткани и вызывают их нагрев. Усиливается активность клеток ткани. Инфракрасные излучения усиливают кровоток в слоях кожи, увеличивают обмен между кровью и тканями, ускоряют выделение токсинов и вызывают образование пигментов, играющих в организме защитную роль. Через посредство реакций крови и нервной системы облучение воздействует на функции желез и обмен веществ. Поэтому инфракрасное облучение применяется для лечения заболеваний лимфатической системы, суставных заболеваний, абсцессов, экзем и накожных сыпей, а также различных травм и т. д.

§ 6. Общее определение электрокультуры

Под термином электрокультура понимают ряд вопросов, связанных с выращиванием растений при воздействии на их жизнедеятельность электрическими электромагнитными полями. Сюда также следует отнести электроионокультуру — воздействие на растение потоком ионов.

Наиболее ранние опыты по электроионокультуре относятся к середине XVIII века, когда были поставлены первые опыты по исследованию влияния на растения потока ионов атмосферного электричества. С появлением генераторов электрических зарядов высокого потенциала начали проводить опыты по электризации растений, а также по созданию искусственных потоков ионов посредством подведения потенциала к сетке, расположенной над растением и изолированной от земли. В дальнейшем, с развитием электротехники, высокий потенциал на сетку подавался от трансформаторов с высоковольтными выпрямителями. Опытами было показано, что потоки ионов влияют на рост и развитие растений, на ускорение процессов внутри клетки. Прирост урожая достигал более 30%. Но затраты на установку не окупались за счет прироста урожая.

С середины XIX века ставятся опыты по выяснению влияния гальванического тока на растение. Для этой цели создавали гальванические пары непосредственно в почве. Два электрода, например угольный и цинковый, устанавливали в почве и соединяли между собой сверху проводником. Под действием электролитов в почве между электродами протекал ток. Аналогичные опыты проводил И. В. Мичурин, который указывал на возможность использования электрокультуры для гибридизации. В ряде этих опытов наблюдалось прибавление урожайности, сокращение сроков вегетационного периода.

К электрокультуре следует относить также предпосевную обработку семян различными участками спектра электромагнитных колебаний. Наибольшее влияние оказывает воздействие на семена рентгеновских лучей, гамма-лучей (от радиоактивных изотопов), ультракоротких волн метрового диапазона, радиоволн. Малая доза облучения, как правило, увеличивает урожай различных культур и сокращает срок вегетации. Большая доза облучения действует угнетающе.

Особый интерес представляют для этих целей рентгеновские лучи. Для получения их применяются специальные рентгеновские аппараты. Одна из схем такого аппарата представлена на рисунке 285.

Высокое напряжение вторичной обмотки трансформатора *1* выпрямляется газотроном *2*. Выпрямленное напряжение подается на рентгеновскую трубку *3*. Под действием высокого потенциала электроны, образованные катодом *4*, устремляются к антикатоду *5*, представляющему собой пластинку из тугоплавкого металла, расположенную под углом 45° к оси потока электронов. Удар быстрых электронов о твердое тело (антикатод) вызывает поток рентгеновских лучей. Рентгеновские лучи хорошо проходят через организмы, пронизывая атомы, составляющие тело организма, и нарушают при этом систему планетарных электронов этих атомов. При длительном облучении живые клетки погибают. При облучении семян большими и мощными дозами Р-лучей растения получали различные изменения, не свойственные им. Чаще изменения носили отрицательный характер, однако иногда эти изменения были положительными. Р-лучи применяются также в лечении и дефектоскопии (определение дефектов в металлических деталях).

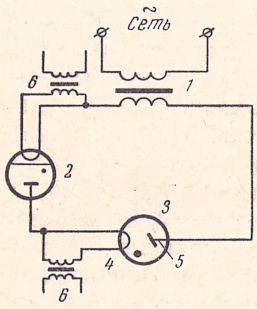


Рис. 285. Устройство рентгеновской установки с одним кенотроном:

1 — повышающий трансформатор; *2* — газотрон для выпрямления тока; *3* — рентгеновская трубка; *4* — катод; *5* — антикатод; *6* — трансформаторы для цепей накала газотрона и трубки.

К лучам Рентгена близки по своим свойствам гамма-лучи, возникающие при радиоактивном распаде. Кроме гамма-лучей, при распаде образуются альфа- и бета-лучи. Альфа-, бета- и гамма-лучи объединяются общим термином «ионизирующие излучения». Они имеют широкую перспективу применения в сельском хозяйстве для стимуляции жизненных процессов в растениях и живых организмах, для получения биологических изменений в живых организмах, включая и получение новых сортов сельскохозяйственных растений, для стерилизации продуктов сельского хозяйства, уничтожения вредителей-насекомых, для контроля за технологическими процессами, сигнализации,

автоматизации, для изучения жизненных процессов в растениях, животных, почве и т. п.

Повышения интенсивности прорастания семян можно добиться также, пропуская постоянный и переменный токи через влажные семена и облучая ультрафиолетовыми лучами и электрическим светом. Практическое применение некоторых видов предпосевной обработки семян может стать рентабельным, однако дозировки и рекомендации для отдельных видов воздействия на семена не найдены.

§ 7. Различное использование ионизирующих излучений

В ряде случаев в сельскохозяйственном производстве требуется не стимулирование, а некоторое угнетение жизненных процессов, например при хранении картофеля. Воздействие соответствующими дозами ионизирующих облучений предохраняет картофель от прорастания. Снижаются дыхание картофеля и потеря питательных веществ за время хранения. В Советском Союзе разработаны производственные установки для обработки картофеля таким образом. Установка может работать с использованием конвейера, на котором картофель проходит через туннель с мощным источником излучения, или же источник излучения устанавливается прямо в хранилище.

Эти излучения могут быть использованы для регулирования жизнедеятельности полезных микроорганизмов. Так, например, дрожжи после облучения вырабатывают значительно больше эргостерина — продукта, из которого получают витамин D и некоторые другие медицинские препараты. Большие дозы облучения могут вызвать наследственные изменения в микроорганизмах. Таким путем была получена промышленная культура грибка пенициллина, способная вырабатывать в сотни раз больше пенициллина, чем исходная культура, найденная в природе.

Гамма-лучи при определенных дозах убивают микроорганизмы и насекомых. Облучая продукты и угнетая таким образом микроорганизмы, которые вызывают их порчу, добиваются увеличения срока хранения продуктов. Облучение мяса позволяет уничтожать личинки паразитических червей (глистов) — трихин.

Лучевая пастеризация и стерилизация проводятся обычно под землей в специальных помещениях или на по-

верхности в помещениях с толстыми бетонными стенами, защищающими от излучений обслуживающий персонал. Для облучения используются радиоактивный кобальт-60 или цезий-137. Для предотвращения химических изменений, нарушения внешнего вида и вкуса рекомендуется продукты перед стерилизацией замораживать или вводить в них специальные защитные средства, например витамин С. Облучение с целью уничтожения насекомых можно проводить непосредственно в земле, в зерне, древесине. Если доза даже не смертельна, насекомые делаются бесплодными, а развитие личинок останавливается. Практические приемы по облучению еще недостаточно разработаны.

Гамма-лучи используются также для контроля за качеством ремонтных и сварочных работ. В этом случае заменяют рентгеновский аппарат источником гамма-лучей, деталь просвечивают и фотографируют.

При автоматизации ионизирующие излучения используются, например, для контролирования уровня жидкости, толщины изделия, влажности и плотности материалов, скорости газов, давления и т. д.

Для борьбы со статическим электричеством, которое является причиной пожаров на предприятиях (мельницах, деревообделочных и др.), используются альфа-лучи, излучаемые радиоактивным полонием-210. Эти лучи ионизируют воздух, делают его электропроводящим и препятствуют накоплению статических зарядов, могущих в дальнейшем привести к искрению и пожарам. Металлические пластинки со слоем радиоактивного полония-210 подвешивают у мест образования статического электричества. Альфа-лучи распространяются от источника излучения на 10—15 *см*, поэтому они будут безопасны для людей, если места их расположения выбрать правильно. Ионы смешиваются с воздухом и уносятся из помещения.

§ 8. Метод меченых атомов

Методом меченых атомов решены и решаются важнейшие задачи, связанные с жизнедеятельностью растений и животных организмов. Этот метод позволяет изучать механизм усвоения растениями удобрений при различных способах его внесения и различных почвенно-климатических условиях, изучать фотосинтез в растениях, вопросы

обмена веществ, усвоения кормов животными в зависимости от различных факторов и т. п. Принцип метода заключается в том, что к удобрениям или кормам подмешивают радиоактивный изотоп того элемента, влияние которого на организм исследуется (углерод, водород, кислород, сера, фосфор, кальций и др.). Радиоактивный изотоп усваивается организмом так же, как и стабильный изотоп данного элемента. Но движение его в организме можно проследить при помощи приборов — счетчиков радиоактивных частиц.

Если, например, хотят проследить скорость усвоения фосфора в зависимости от способа его внесения в почву в составе суперфосфата, то некоторое количество радиоактивного фосфора P_{32} смешивают с суперфосфатом. Полученную смесь вносят под растение. Затем при помощи счетчика радиоактивных частиц следят за временем появления радиоактивного излучения в различных частях растения.

Радиоактивный фосфор излучает бета-лучи. По времени его появления можно судить о скорости усвоения фосфора растением, а по интенсивности излучения — о количестве усвоенного фосфора.

К работе с мечеными атомами допускаются только лица, которые прошли специальный курс по работе с радиоактивными изотопами, знают правила безопасности при обращении с ними и имеют специальное разрешение на работу с изотопами. Лица, не имеющие этой подготовки, засвидетельствованной специальным удостоверением, к работе с изотопами не допускаются, ибо нарушение правил безопасности при работе с ними может повлечь за собой опасное заболевание лучевой болезнью.

Глава XXVII

Применение электрической энергии для получения тепла

§ 1. Перспективы использования электрической энергии для тепловых целей

Использование электрической энергии для тепловых целей постоянно расширяется. При решении вопроса о применении электронагревательных приборов необходимо

помнить, что они могут быть целесообразнее других нагревательных приборов, когда по технологии производства требуется точное поддержание температуры (в инкубаторах, в пастеризаторах, в хранилищах, и т. п.); когда электронагрев приводит к значительному росту производительности труда (нагрев воды на ферме, электросушилки и т. п.); когда имеется возможность использовать энергию в ночные часы, так как электростанции не нагружены промышленными предприятиями (аккумуляционный водонагрев), и т. д.

Электрический обогрев жилищ в сельской местности в ряде случаев может оказаться экономичнее обогрева дровами или углем. Это можно показать следующим расчетом.

Стоимость 1000 *кдж* или 1000 *ккал*, полученных от любого вида топлива,

$$Д_т = \frac{1000 C_т}{\theta \eta}, \qquad (234)$$

где $C_т$ — стоимость топлива в *руб/кг* (уголь, нефть) или в *руб/м*^{3} (дрова);

θ — удельная теплота сгорания топлива (для дров 5050 тыс. *кдж/м*^{3}, или 1202 тыс. *ккал/м*^{3}; для угля антрацита 27300 *кдж/кг*, или 6540 *ккал/кг*);

η — тепловой к. п. д. печи, равный 0,35 для угольной или дровяной.

Стоимость топлива складывается из себестоимости на месте добычи и расходов на транспортирование.

Для электроэнергии стоимость 1000 *ккал*

$$Д_э = \frac{1000 C_э}{100 \cdot 860 \eta_э} = \frac{C_э}{86 \eta_э}. \qquad (235)$$

Если тепло принято в килоджоулях, то 1000 *кдж* будут стоить

$$Д_э = \frac{1000 C_э}{1000 \cdot 3600 \eta_э} = \frac{C_э}{360 \eta_э}, \qquad (235,а)$$

где $C_э$ — стоимость электроэнергии (*коп/квт·ч*);

$\eta_э$ — к. п. д. прибора, при внутренней установке $\eta_э = 1$.

Таким образом, можно сравнить, что дешевле — уголь, дрова или электроэнергия.

Вторая часть расчетов — определение примерной мощности на обогрев и расхода электроэнергии в год.

Мощность на обогрев

$$P = ap\,(\tau_{вн} - \tau_{н})\ вт/м^3, \qquad (236)$$

где p — удельная тепловая характеристика; для одноквартирного дома $p=0{,}75$ *ккал/ч·м³·град*, или 0,87 *вт/м³·град*;

a — коэффициент, учитывающий местные климатические условия (главным образом ветры) и равный от 1,2 до 1,4;

$\tau_{вн}$ — температура внутри помещения принимается равной 18°;

$\tau_{н}$ — среднесуточная температура за самый холодный месяц года.

При подсчете потребной на электроотопление энергии за весь отопительный сезон можно пользоваться следующей формулой:

$$W = ap\,(\tau_{вн} - \tau_{ср.\,сез})\,T, \qquad (237)$$

где $\tau_{ср.сез}$ — средняя наружная температура за сезон;

T — продолжительность отопительного сезона *(ч)*.

Расчеты показывают, что если отпускная цена на дрова более 20 руб. за 1 *м³*, то отопление электричеством выгоднее даже при стоимости электроэнергии 4 коп/*квт·ч*. При стоимости тонны угля 50 руб. электроотопление будет целесообразнее при стоимости 1 *квт·ч* менее 2 коп.

Особенно выгодно электроотопление при удешевленном ночном тарифе и использовании печей с аккумулированием тепла в ночные часы. Это практикуется в ряде зарубежных стран.

§ 2. Электронагревательные приборы для бытовых целей

Уже в настоящее время использование электрических плит и плиток в ряде районов может обеспечить значительную экономию топлива.

При сравнении эффективности электроплиток с огневыми и газовыми плитами следует учитывать то обстоятельство, что к. п. д. огневых плит при использовании их только для приготовления пищи (а не для обогрева жилища) составляет 12—13%. Поэтому использование их может быть рационально только в холодное время года. Газовые плиты имеют к. п. д. от 20 до 40%, керосинки — около 30%, электрические плиты — от 40% и более. Одинаковая стоимость приготовления пищи на газе (при

газификации) и электроэнергии будет при стоимости электроэнергии до 1,65 коп/*квт·ч*. При введении двойного тарифа на электроэнергию (стоимость электроэнергии, потребленной в ночные часы, в 2 раза меньше, чем в дневное время) становится целесообразным применение аккумулирующих электроводонагревателей.

С расширением применения электрических нагревательных приборов растет годовое потребление электроэнергии на душу населения. В 1970 г. на одного сельского жителя нашей страны будет приходиться 300—320 *квт·ч*. При этой норме исключено широкое внедрение электроотопления. Но даже при газификации и при существующем тарифе на электроэнергию выгодно использовать электроутюги, кофейники, блинницы и другие электронагревательные приборы. Ниже приводятся сведения по некоторым бытовым нагревательным приборам: указана их мощность и примерное потребление электроэнергии в год семьей в 4—5 человек.

1. Электроплита напольная на две конфорки с жарочным шкафом—3,8 *квт*; 600 *квт·ч* в год		
2. Электроплита настольная на две конфорки	2,4 *квт*	1500 *квт·ч*
3. Жарочный шкаф	1,6 *квт*	225 *квт·ч*
4. Электрочайник	1,0 *квт*	175 *квт·ч*
5. Электросамовар	1,0 *квт*	200 *квт·ч*
6. Нагреватель воды погружного типа	1,0 *квт*	250 *квт·ч*
7. Нагреватель воды быстродействующий	2,0 *квт*	500 *квт·ч*
8. Водонагреватель аккумулирующий, 45 *л*	0,7 *квт*	1500 *квт·ч*
9. Электроутюг с регулированием температуры	1,0 *квт*	100 *квт·ч*
10. Рефлекторные отопительные печи	0,5—1,0 *квт*	75 *квт·ч*
11. Радиационные печи (панели)	1,0 *квт*	300 *квт·ч*
12. Электроотопительные печи с аккумулированием	2—3 *квт*	2000—3000 *квт·ч*

Находят широкое применение электрические медицинские грелки.

В ряде зарубежных стран получают широкое распространение электроодеяла *. В одеяле устанавливается нагревательный элемент с термоэлектрорегулятором. Имеется диск для регулирования температуры нагрева.

Существуют следующие способы обогрева жилищ и производственных помещений.

1. Трубчатыми нагревателями, устанавливаемыми в помещении по плинтусу.

* Опытная партия выпущена и в СССР.

2. Различными по форме и размерам теплоизлучающими панелями из стекла или металла. Эти панели устанавливают в окнах или на стенах.

3. Калориферами, состоящими из электронагревателей и вентиляторов, устанавливаемых в системе централизованного вентилирования или в вентиляционных вводах в каждой комнате.

4. Нагревательным проводом или кабелем, укладываемым в канавках бетонного пола.

5. Легкими нагревательными листами — типа фольги, наклеиваемыми на потолок.

6. Теплоаккумулирующими печами, внутренний слой которых нагревается ночью за счет дешевой электроэнергии (при двойном тарифе). Нагревательный слой окружен теплоизолирующим слоем. Запасенное тепло поступает в помещение под действием вентилятора через воздушные каналы.

7. Аккумуляционным нагревом в теплоизолированных электродных котлах воды, которая циркулирует в системе центрального отопления.

8. Электроэнергетическими установками или тепловыми насосами, принцип действия которых изложен ниже.

По зарубежным данным, если принять стоимость обогрева городским газом за 100%, прямое электроотопление того же помещения будет стоить 145%; отопление на нефти — 42%; угольное отопление — 55%; отопление тепловым насосом — 42%.

§ 3. Применение электротепла в производственных процессах

В настоящее время электрический нагрев можно экономически эффективно применять более чем в 50 производственных процессах. Вот далеко неполный перечень этих процессов.

Молочное животноводство и свиноводство: нагрев воды в моечных и кормокухнях, на доильных площадках, в системах автопоения, в групповых поилках (при беспривязном и бесстаночном содержании животных), в душевых камерах и бассейнах для мытья животных; электропаровая стерилизация молочной посуды и частей доильной машины; запаривание сочных кормов; запаривание картофеля на силос; подготовка концентрированных кормов; электро-

силосование грубых кормов; выпечка кормового хлеба; сквашивание молока на ацидофилин; искусственная выпойка поросят и ягнят; пастеризация молока, сливок и обрата; местный обогрев пола в репродуктивных свинарниках; обогрев акклиматизационных площадок для поросят-отъемышей; местный обогрев пола на скотных дворах с высокоудойными коровами; вентиляция с подогревом свежего воздуха в репродуктивных свинарниках в телятниках; обсушка новорожденных животных.

Птицеводство: инкубация, отопление и вентиляция цыплятников, утятников, индюшатников, обогрев птичников; подогрев воды в поилках.

Шелководство: кондиционирование воздуха в червоводнях; нагрев коконов.

Пчеловодство: выводка детки; обогрев ульев; распечатка сотов; впаивание вощины.

Растениеводство открытого грунта: яровизация картофеля; тепловое протравливание семян; сушка зерна и семян на селекционных станциях; сушка плодов, овощей, грибов, хмеля, хлопка; активное вентилирование сена с подогревом воздуха; ферментация чая и табака.

Растениеводство закрытого грунта: обогрев зимних и весенних парников для выращивания рассады, овощей, хлопка, табака, сеянцев цветов, черенков садовых культур; обогрев теплиц; обогрев помещений для культуры шампиньонов; обогрев ящиков для стратификации виноградных прививок; дозревание помидоров; стерилизация почвы и рассадо-посадочного материала.

Сельскохозяйственные мастерские: горячая промывка тракторных деталей; регенерация масел; вулканизация авторезины; плавка баббита; наплавка деталей; сварка и т. д.

Кроме чисто электрического нагрева, в сельском хозяйстве перспективно применение комбинированного нагрева. При этом основная доля тепла получается от систем с угольным, газовым или на жидком топливе обогревом, а дополнительный нагрев в целях повышения эффективности процесса или установки осуществляется от электроустановок.

Когда обогрев краткосрочный, а также когда требуется точное поддержание температуры, электронагрев — вне конкуренции. Лишь при необходимости длительного постоянного обогрева с большим выделением тепла экономи-

чески целесообразно применять централизованную теплофикацию.

Производительность труда при применении электронагревательных установок промышленного назначения выше, чем при пламенном нагреве.

Удобство эксплуатации, широкая возможность автоматизации и возможность применения нагрева в комплексе автоматизированных процессов дают основание рассчитывать в перспективе на значительный рост использования электричества для удовлетворения потребности сельскохозяйственного производства в тепловой энергии.

При определении границ целесообразного использования электроэнергии для получения горячей воды и пара в животноводстве можно пользоваться следующим соотношением:

$$C_{эн} \leqslant \frac{864 C_т \eta_{эн} K_р}{\theta_н \eta_{тн}}, \qquad (238)$$

где $C_{эн}$ — стоимость 1 *квт·ч* электрической энергии (коп.);

$C_т$ — стоимость 1 *кг* топлива (коп.);

$\eta_{эн}$ — к. п. д. электронагревателя, принимается равным 0,9—0,98;

$\eta_{гн}$ — к.п.д. огневого прибора для котлов парообразователя, равен 0,35—0,55;

$K_р$ — коэффициент, учитывающий добавочные затраты на рабочую силу, обслуживающую огневые установки для котлов-парообразователей, принимается равным 1,25—1,5;

$\theta_н$ — удельная теплота сгорания топлива (*ккал/кг*).

§ 4. Электрообогрев в защищенном грунте

При решении вопроса об эффективности применения электронагрева в защищенном грунте необходимо учитывать назначение того или иного сооружения защищенного грунта, его конструкцию, срок эксплуатации, вид выращиваемой культуры.

В остекленных зимних теплицах можно выращивать рассаду овощных культур, плодоносящие огурцы или томаты, лук на перо, салаты и т. д. В настоящее время, как правило, электрообогрев зимних теплиц экономически нецелесообразен. Но эффективен местный подогрев почвы,

например, под рассадой при высокой плотности посадки растений, при выгонке лука на перо, салата-витлуфа на зелень и т. д. В ряде случаев бывает целесообразен дополнительный электрообогрев к системе водяного централизованного обогрева, автоматически включаемый при снижении температуры внутри теплиц ниже критической.

В весенних теплицах, укрытых стеклом или пленкой и обогреваемых за счет солнечной радиации, для сохранения растений при ночных резких снижениях температур целесообразно устраивать систему аварийного электроподогрева. Ее использование позволит также начать эксплуатацию весенних теплиц на 10—14 дней раньше. При этом система должна быть автоматизированной, поддерживающей температуру только на минимально необходимом уровне без затраты энергии на малоэффективный избыточный нагрев.

В ранневесенних парниках под остекленными рамами можно устроить электрообогрев почвы и воздуха, если есть избыточная дешевая электроэнергия. В этом случае надо провести технико-экономическое сравнение возможных вариантов обогрева и принять более дешевый.

В поздневесенних солнечных парниках под пленкой, обогреваемых за счет солнечной радиации, целесообразно применять систему дополнительного автоматизированного обогрева воздуха для предупреждения гибельных последствий заморозков.

Для выгонки салатного цикория витлуфа, не нуждающегося в освещении, целесообразно применять грядки с автоматизированным электронагревом, устраиваемые непосредственно в хранилищах.

В районах с продолжительной и холодной зимой, а также на крайнем севере целесообразно выращивать растения в подземных хорошо теплоизолированных помещениях с использованием искусственного освещения люминесцентными лампами и лампами типа ДРЛ, которые и обогревают помещения в достаточной мере.

Мощность, потребная на обогрев,

$$P = KF(\tau_в - \tau_н), \qquad (239)$$

где P — мощность *(вт)*;

F — площадь поверхности укрытия, через которую сооружение теряет тепло *(м²)*;

$\tau_в$ — необходимая внутренняя температура для расте-

ний; при защите от заморозков холодостойких культур (редис, салат) может быть принята равной +4°, а для теплолюбивых (огурцы, помидоры) +12°;

$\tau_н$ — возможная минимальная наружная температура в период выращивания растений может быть принята равной среднемесячной минимальной за последние 5—10 лет для данного района;

K — коэффициент теплопередачи *(вт/м²·град)*.

Для остекленных теплиц и парников $K=6$ *вт/м²·град*; для парника под остекленными рамами и соломенными матами $K=3$ *вт/м²·град*; для остекленных парников с покрывалом из плотной бумаги $K=4$ *вт/м²·град*; при использовании поролоновых покрывал $K=2{,}1$ *вт/м²·град*; для укрытий из пленки $K=10\div13$ *вт/м²·град*; для солнечных парников с укрытием из пленки с дополнительным покрывалом из плотной бумаги $K=5{,}5$ *вт/м²·град*; для подвалов и подземных хорошо утепленных сверху помещений $K=1{,}5\div2{,}0$ *вт/м²·град*.

Пример. Определить примерную мощность системы ночного воздушного аварийного обогрева для солнечного парника под пленкой ($K=10$) с площадью укрытия $F=30$ *м²* при выращивании цветной капусты ($\tau_в$ минимальная — +4° С); ожидаемая минимальная ночная температура в апреле $\tau_н=-6°$ С.

$$P=KF(\tau_в-\tau_н)=10\cdot30\,[4-(-6)]=10\cdot30\,(4+6)=3000\ вт=3\ квт.$$

Пока еще нет стандартизованных обогревающих комплектов для тех или иных случаев обогрева сооружений защищенного грунта.

Наиболее перспективный для обогрева почвы в парниках метод обогрева асфальто-цементными блоками, разработанный в Научно-исследовательском институте механизации и электрификации Северо-Запада (г. Пушкин). На изготовление блоков идет битум нефтяной БН-5 (12%), цементный порошок (10%), песок (78%). Размеры блоков 0,5×0,5×0,06 *м*. Внутри блока змейкой уложен стальной оцинкованный провод диаметром 3,5—4 *мм*. Два конца его выходят по диагонали блока. В котлован парника насыпают сначала шлак, затем песок — 5 *см*, затем укладывают блоки двумя рядами (60 штук для 20-рамного парника). Концы нагревательного провода спаивают твердым припоем и изолируют массой асфальтобетона. Мощность на парник 5 *квт*. Сверху блоков насы-

пают грунт 18—20 *см*. Питание от сети 220/380 *в*. Блоки имеют чрезвычайно надежную изоляцию, обеспечивается полная безопасность обслуживающего персонала. Изоляция блоков самовосстанавливается, так как масса расплавляется и заполняет образовавшиеся при этом трещины.

Широкое распространение получил также способ обогрева парников, разработанный Запорожским филиалом Всесоюзного научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства. Нагревательным элементом является стальной оцинкованный провод, заключаемый в асбоцементные трубы диаметром 125/145 *мм*, 180/199 *мм* или в гончарные глазурованные трубы диаметром 125/143 *мм* и более. Стыки между трубами цементируют или соединяют цементными муфтами. Трубы в почве укладывают двумя параллелями на глубине 300 *мм*. Провод включают на напряжение сети 220/380 *в*.

Для обогрева воздуха в солнечных парниках и весенних теплицах можно применять нагревательный провод типа ПОСХВ (провод одножильный сельскохозяйственный в полихлорвиниловой изоляции), а также электрокалориферы.

Автоматизированные системы обогрева дают значительную экономию электроэнергии по сравнению с неавтоматизированными. Уменьшение расхода электроэнергии при автоматизации может быть в 4—5 раз. На рисунке 286 показано, как меняется естественная температура в последних числах марта, в начале апреля под пленочными укрытиями солнечных парников в ясный и облачный день.

В дневные часы за счет солнечной радиации под пленкой обеспечивается температура, благоприятная для развития холодостойких культур. Однако ночью, особенно безоблачной, запасенное днем тепло уходит из парника, и температура падает (в первый день в точке B до $-8°$). Чтобы удержать температуру на уровне $+4°$, можно воспользоваться автоматизированной или неавтоматизированной системами обогрева. При автоматизированной системе температура будет изменяться в виде ломаной линии *2*, верхние точки которой соответствуют моментам отключения системы, а нижние — моментам включения. Расход энергии будет пропорционален площади ABC, заштрихованной с наклоном линий вправо. Если же система не автоматизирована (линия *3*) и включается вручную при снижении температуры до $+4°$, расход энергии возрастет более чем вдвое.

При облачной погоде ночное снижение температуры несколько меньше. Расход энергии при неавтоматизированной системе будет в 3 раза больше, чем при автоматизированной. Наконец, при автоматике не надо держать специального наблюдателя, который включает и выключает неавтоматизированную систему.

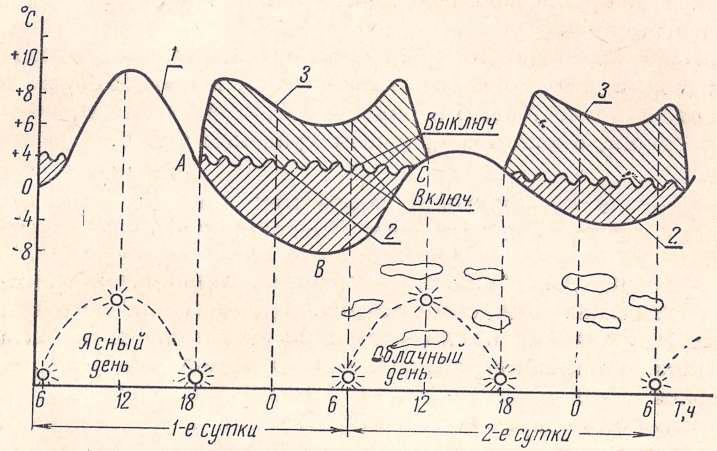


Рис. 286. Примерное изменение температуры воздуха под пленочным укрытием солнечных парников:

1 — ход естественной температуры в парнике; *2*— ход температуры при автоматическом включении и выключении системы дополнительного подогрева воздуха; *3*— ход температуры под пленкой при постоянном включении системы обогрева (неавтоматизированная система).

Из других применений электротепла в овощеводстве защищенного грунта следует отметить стерилизацию почвы, главным образом в небольших количествах под рассаду. Расход энергии на нагрев почвы до 95—98° составляет 45—50 *квт·ч/м*³. Стерилизаторы могут быть электродного типа, когда ящик, в котором нагревается почва, перегорожен пластинами-электродами, равноотстоящими друг от друга, и к ним подводится напряжение. Нагрев идет за счет прохождения тока непосредственно в почве. В элементных стерилизаторах нагрев почвы идет от труб с вложенными в них проволочными нагревателями. Трубы с нагревателями располагают в шахматном порядке вдоль ящика-стерилизатора с расстоянием между ними 20—25 *см*.

Для стерилизации рассады овощей, а также посадочного материала плодово-ягодных культур большой эффект дают ванны-стерилизаторы, вода в которых нагревается автоматизированным нагревателем. Это позволяет установить строго заданную температуру (например, точно 46° для черенков смородины, рассады садовой земляники и т. д.) и погружать на некоторое время в воду стерилизуемый материал.

В настоящее время разрабатываются различного рода установки для внедрения электротепла в овощеводстве и садоводстве не только в описанные выше процессы, но и для сушки, а также в процессы хранения и т. д.

§ 5. Получение тепла при помощи тепловых насосов. Кондиционеры

Принцип действия теплового насоса аналогичен принципу действия компрессионного холодильника. В тепловом насосе в отличие от холодильника тепло от источника с низкой температурой переносится к источнику тепла с более высокой температурой. В холодильнике же тепло, отнятое от воздуха в камере хранения и находящихся там продуктов, передается в окружающий воздух помещения — через радиатор, установленный сзади холодильника, обычно теплый на ощупь. На рисунке 287 представлена схема отопления жилых домов *5* за счет тепла, отнимаемого от низкопотенциального источника (река, термальные подземные воды, тепловые отходы промышленного производства). Тепло переносится рабочей жидкостью (агентом) с низкой температурой кипения (фреон, аммиак и др.), циркулирующей в замкнутой системе теплового насоса. Это происходит следующим образом. Компрессор *1* создает разрежение в испарителе *2*, благодаря чему жидкость-агент кипит при $\tau = -2°$. Процесс кипения форсируется подачей в змеевик подогрева воды от низкопотенциального источника тепла (на рисунке подледной воды при $t = +4°$). Эта вода, охлаждаясь, передает свое тепло жидкости-агенту. Пары агента компрессор нагнетает в конденсатор *3*, где за счет высокого давления температура паров агента поднимается (на рисунке до $+75°$). В змеевике конденсатора циркулирует вода из системы отопления домов. Пары агента охлаждаются и конденсируются, а вода в системе обогрева подогревается (на рисунке входит

$t=+55°$ и выходит с $t=+70°$). Сконденсировавшийся агент через дроссельный вентиль *4* снова поступает в испаритель 2 и т. д.

Электроэнергия затрачивается здесь лишь на привод компрессора и насосов. По сравнению с прямым электро-

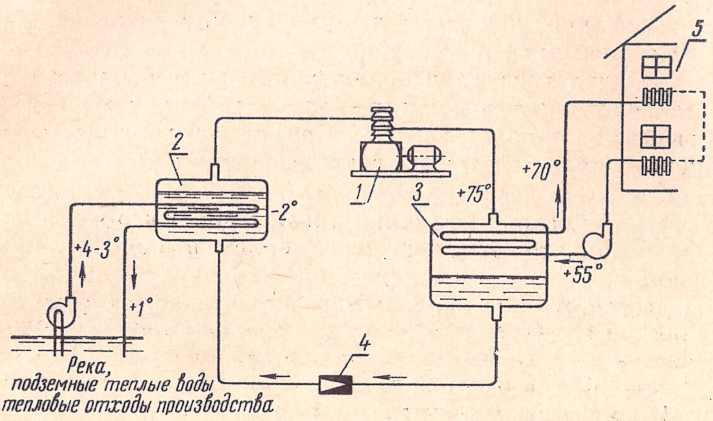


Рис. 287. Схема отопления жилых домов при помощи теплового насоса:

1 — компрессор; *2* — испаритель; *3* — конденсатор; *4* — дроссельный вентиль; *5* — отапливаемые дома.

нагревом расход электроэнергии будет меньше в 2,5—3 раза, в зависимости от температурных условий и качества применяемых материалов.

В настоящее время тепловые насосы применяют для отопления ряда объектов в Крыму, Ленинграде, Волгограде, Ташкенте, Владивостоке и других городах.

Перспективно применение тепловых насосов при экономической целесообразности децентрализованного теплоснабжения, то есть в районах с малой тепловой нагрузкой при дорогом топливе. Особенно целесообразно применять тепловые насосы там, где надо иметь и тепло и холод, или там, где зимой требуется отопление помещения, а летом — его охлаждение. В сельском хозяйстве одним из наиболее перспективных мест применения тепловых насосов является животноводство. За рубежом уже находят применение тепловые насосы для охлаждения молока и одновременного нагрева воды в системе центрального отопления служеб-

ных помещений. Так, при суточном надое 11 *т* молока количество отнимаемого от него тепла составляет около 400 000 *ккал*, что достаточно для нагрева 6 тыс. *л* воды на 50°. В установках меньшего размера при охлаждении 450 *л* молока с 32 до 4,5° отнимается энергия, эквивалентная 24 *квт·ч*. Эта энергия нагревает воду для мойки оборудования, подмывания вымени и других целей.

Перспективно применение кондиционеров воздуха для охлаждения воздуха в помещениях летом и нагрева его зимой. Комнатные кондиционеры устанавливают обычно в вырезе на окно *8* (рис. 288). Компрессор кондиционера *1* приводится в действие электродвигателем *5*. От него же приводятся в действие вентиляторы *4* и *6*. Вентилятор *4* засасывает воздух из комнаты и прогоняет его через пластины радиатора-испарителя *2* снова в комнату. Благодаря этому в жаркое летнее время воздух в комнате охлаждается. Агент в конденсаторе *3* охлаждается наружным

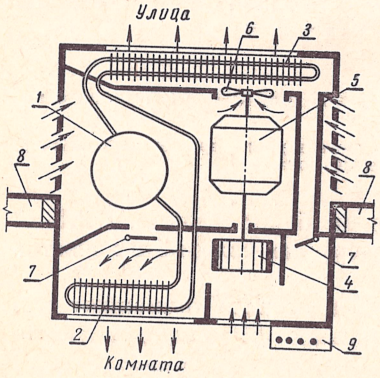


Рис. 288. Схема кондиционера воздуха для отдельных комнат:

1 — компрессор; *2* — радиатор испарителя; *3* — радиатор конденсатора; *4* и *6* — вентиляторы; *5* — двигатель; *7* — заслонки; *8* — окно комнаты; *9* — панель управления.

воздухом. В случае необходимости может работать один вентилятор и через заслонки *7* вентилировать помещение. С помощью панели управления *9* можно задать тот или иной режим работы кондиционера: летом — на охлаждение воздуха в помещении, зимой — на подогрев.

Пока стоимость установок с тепловыми насосами еще высока так как нет их массового серийного изготовления. Однако они, несомненно, найдут большое распространение в сельском хозяйстве как для бытовых, так и производственных целей.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Аварийные перегрузки трансформаторов 169
Автоматические выключатели 276
Автоматическое гашение поля 316
— повторное включение 296
— регулирование возбуждения 338, 342
Автотрансформатор 164, 180
Аккумуляторы 43—50
Активное сопротивление 24, 89
Анионы 25
Анод 25
Ампер 10, 12, 24
Ампер-витки 59
Амперметр 143—145
— схемы включения 143
— устройство 145
Амплитуда электрической величины 84
Аппаратура управления электроустановками 273—299
Ареометр 46
Арматура осветительная 506
— для внутренних проводок 406
Асинхронная муфта скольжения 231
Асинхронный генератор 201, 229
Астатические приборы 148
Атомные батареи 56

Бактерицидные лампы 542
Батареи гальванических элементов анодные 43
— — — накальные 43
Биффилярная намотка 80
Блокировка 284, 365
Бытовой автомат 280, 323

Ватт 11, 37
Вектор 23, 85, 127—129
Векторная диаграмма 23, 85, 127—129
Ветроэлектростанция 268
Взаимоэкранирование заземлителей 350
Вихревые токи 81
Внешнее и внутреннее сопротивления 22
Возбудитель 234, 261
Возбуждение от механических выпрямителей 236
— от твердых выпрямителей 235
Воздушные автоматические выключатели низковольтные 276—280
Воздушный конденсатор 16
Вольт 14, 24
Вольтметр, устройство 145
схемы включения 143
Вращающий момент электродвигателя 218
Выключатели автоматические высоковольтные 292—299
— автогазовые 296
— воздушные 295
— масляные и безмасляные 290, 292—294
— нагрузки 290
Выпрямитель газотронный 255
— пробивное напряжение 250
— ртутные 255
Выпрямление переменного тока 247
Высоковольтные предохранители 325

Газы 8
Галетные батареи 42
Гальванические элементы 40
Гальванотехника 25
Генератор 123

— автомобильный 194
— асинхронный 229
— постоянного тока 189
— синхронный 124, 233
Германий 54, 249
Гистерезис 64
Гистерезисный двигатель 246
Графики нагрузки 269—272
Гремучий газ 35, 48
Гроза 435
Грозовой разряд 19, 435
Грозозащита 441
Гром 19, 436
Грунт, удельное сопротивление 352
Группы соединений обмоток трансформаторов 177

Датчик импульсов для электроизгороди 78
Датчики в схемах автоматического управления 486—493
Двигатель асинхронный 201
— коллекторный 186, 199
— конденсаторный 222
— многоскоростной 227
— однофазный 221
— синхронный 233
— стартерный 198, 245
— с фазным ротором 213
Двигатель-генератор 247
Действующее значение синусоидального тока и напряжения 87
Джоуль 11
Диамагнетики 61
Диссоциация молекул 7
Диэлектрики 77
Диэлектрическая проницаемость 13
Длительные перегрузки трансформаторов 169
Дугогасительные камеры 274, 279, 291

Единая серия электродвигателей 204
Единицы измерения электрических величин 8
Естественный магнит 56

Жидкостный реостат 35
Железо-никелевые аккумуляторы 44

Заземление 128, 133, 345
— сопротивление растеканию 347
Заземлители 346
— естественные и повторные 335, 358
Заземляющий контур 349
Закон Ома 22, 66, 101, 108
Замыкание на землю 300
Заряд аккумулятора 44, 46—50
Защитное отключение 362
Защитные средства индивидуальные 363
Зуммер 77

Измерительные приборы 137
— обозначения на шкалах 138
— трансформаторы тока 152, 155
— трансформаторы напряжения 154, 158
Изоляторы 381
Изоляция, классы 464
Индуктивное сопротивление 96
Индуктивность катушки 76, 79
Индуктор 187, 232
Индукционная плавка металлов 82
Индукционный аппарат 77
Ионизация газа 8
Ионный электрический ток 7
Ионы 7, 25
Искрогасительные камеры 279
Искусственное дыхание 368
Источник энергии 21
Истребитель насекомых высоковольтный 531

Кабели 382, 385
Кабельные муфты 433
Кадмий-никелевые аккумуляторы 44
Катионы 25
Катод 25
Киловатт 37
Килограмм-метр 9, 37
Кирхгофа первое правило 27
— второе правило 29
Кислотные аккумуляторы 45
Климатические районы 375
Коллектор 186
Командо-контроллер 288
Компаундирование возбуждения 342

Компенсация реактивной мощности 121, 246
Комплектные распределительные
устройства 330
— станция управления 288
— трансформаторные подстанции 332—336
Конденсаторы 14, 121
Контакторы 280
Контактный термометр 490
Контакты размыкающие 304, 478
— замыкающие 304, 478

Короткое замыкание 23, 173, 300
Коэрцитивная сила 64
Коэффициент выпрямления 250
— загрузки 176
— заполнения графика 169, 280
— мощности 104, 112, 120, 147, 216
— полезного действия 40, 176, 215
— прикосновения 349
— трансформации 152, 164, 173
Кулон 11
Кулона закон 12, 57

Лампы дуговые ртутные люминесцентные 518
— кварцевые 539
— ксеноновые 519
— люминесцентные 510
— накаливания 500
— основные параметры 502
Логометры 159
Лошадиная сила 38
Люксметр 54
Люминесцентный анализ 548

Магазины сопротивления 35
Магнето 244
Магнетодиэлектрики 65, 81
Магнитная индукция 59
— проницаемость 59
— цепь 66
Магнитное насыщение 63
— поле 57, 123
Магнитные пускатели 282
— свойства материалов 60
— станции управления 288
Магнитный поток 63
— тормоз 81
Магнитомягкие материалы 65
Магнитотвердые материалы 65
Масляные выключатели 290, 292
Машины электрические асинхронные 201
— переменного тока 201
— постоянного тока 186
— синхронные 233
Меднение 26
Медные провода 381
Металлы 7
Механическая прочность провода 402
Механические характеристики электропривода 461
Молекула 6
Молниеотвод 20, 443
Молния 19, 435
Монтаж проводок 406—422
Мощность в цепи постоянного тока 37
— активная 90, 103, 112
— мгновенная 90
— полная 102, 112
— рассеивания 36
— реактивная 98, 103, 110
— трехфазного тока 133
Муфты кабельные 433

Нагрев двигателей 463
— проводов 31, 388
Нагрузка генератора 129, 239
— двигателя 465
Нагрузочная вилка 50
Намагниченность среды 62
Напряжение источника 22
— линейное 129
— номинальное 170
— определение 14, 22
— прикосновения 346, 349
— стандартное 130
— фазное 129
— шаговое 347
Напряженность магнитного поля 59
— электрического поля 14
Нейтраль 128
Нейтрон 6
Непроволочные реостаты 34
— сопротивления 33, 36
Низковольтные предохранители 320—325
Нулевая защита 284
Нулевой провод 128

Однофазный трансформатор 167
— асинхронный электродвигатель 221
— преобразователь 247
Оконцевание проводов 417
Оксидирование 26
Ом 22
Омическое сопротивление 92
Опоры и их типовые конструкции 377
Освещение, виды и системы 522
— в птичниках 532
— в теплицах 533
Освещенность 498
Остаточный магнетизм 63
Остеклованное сопротивление 36
Осциллографы 162
Отделители 298
Отклонение напряжения 389
Относительная диэлектрическая проницаемость 13
— магнитная проницаемость 60

Падение напряжения 390
Пакетные выключатели 275
Параллельная работа генераторов 238
— — трансформаторов 179
Параллельное соединение 26
Парамагнетики 61
Паспорт электродвигателя 203
Передаточные механизмы 467
Переключатели 273
Перемагничивание 64
Переменный ток однофазный 82
— — трехфазный 123
Перенапряжения атмосферные 437
Период колебания 86
Плавкие вставки предохранителей, шкала 321
— — — выбор по условиям нагрева 388
Поверхностный эффект 92
Подстанции потребительские столбовые 332
— комплектные 333
Ползунковый реостат 33
Полупроводники 7, 249
Полюса магнита 57
Поляризация 7
Помощь пострадавшему от тока 366—369
Последовательное соединение 26
Постоянный ток 21
Потенциал поля 14
— земли 14
— по отношению к земле 20
Потенциометр 34
Потеря напряжения 390
Правило левой руки 70
— правой руки 72
— Ленца 74
Предохранители 320—326
Преобразователь частоты асинхронный 231
Приводы к разъединителям 291
— к выключателям нагрузки 292
— к автоматическим выключателям 296
Приемник энергии 21
Приставки железобетонные 378
Провода для внутренних проводок 382
— для воздушных сетей 381
Пробивное напряжение 19, 250
Пробой диэлектрика 19
Проводимость 7, 28, 116
Проводники второго рода 7
— первого рода 7
Проволочное сопротивление 36
Прожектор 509
Пульсирующий ток 82, 186
Пускатели нажимные 274
Пусковые реостаты 34, 191, 213, 286
Пьезоэлектричество 72
Пусковая обмотка 222

Радиоактивное излучение 555
Разность потенциалов 14
Разрядники 455
Разъединители 290
Распределительные устройства 262
Расчет сопротивлений 29
Реверсивные контакторы 281
Реактивный ток 97, 115
— двигатель 246
Регулятор вибрационный 194
Регуляторы напряжения 194, 340
Резонанс напряжений 113
— токов 19
Режимы работы электродвигателя 465
Реле 303—316
Релейная защита токовая 301, 303

— — генераторов 314—318
— — двигателей 320
— — трансформаторов 319
Реостаты 33, 191
Ротор 123, 203
Рубильники 273

Самовозбуждение 189, 230, 236
Самоиндукция 75, 192
Самопишущие приборы 162
Самосинхронизация 242
Светильники 506—509
Световой поток 496
Светоотдача 499, 503
Свинцовые аккумуляторы 44
Себестоимость энергии 272
Секционирование 297
Селен 54, 249
Серебряно-цинковые аккумуляторы 44
Синхронизация 238
Синхроноскоп 239
Синхронный генератор 233
— двигатель 233, 245
— компенсатор 121, 246
Соединение проводов 414
Соединение фаз звездой и треугольником 128, 131, 207
Солнечные батареи 54
Сопротивление активное 24, 89
— емкостное 108
— изоляции 161
— индуктивное 96
— полное 100
— постоянной величины 36
— реактивное 96, 108
— растеканию тока 347
— тела человека 335
Спектр света 495
Среднее значение синусоидального тока 87
Средства индивидуальной защиты 363
Статический заряд 12
Статическое электричество 20
Статор 123, 203
Ступенчатый реостат 34
Схемы электрических соединений 261
— монтажные 263, 475
— однолинейные 262
— принципиальные 263, 475
— трехлинейные 262
Сульфатация 48

Счетчик электрической энергии 149

Температурный коэффициент сопротивления 32
Тепловое действие тока 39
— реле 285
Тепловой эквивалент джоуля 39
Теплоэлектростанция 263
Теплоэлектроцентраль 265
Термисторы 33
Термопара 51
Термосопротивление 32
Термоэлектрогенераторы 51
Топливные элементы 50
Травление 25
Трансформаторные подстанции комплектные 334
— — потребительские 332
Трансформаторы двухобмоточные 164
— измерительные 155
— напряжения 154, 158
— однофазные 164, 167
— повышающие и понижающие 164
— тока 152, 155
— трехфазные 164
— силовые 164
— специальные 164
Трибоэлектричество 71
Трубчатые разрядники 456

Удельная проводимость 29
Удельное сопротивление металлов и сплавов 29
Ультрафиолетовые лучи 496, 537
Умформер 248

Фаза синусоидального тока 84
Фазировка трансформатора 179
Фазометры 104, 160
Фарада 15
Ферриты 65
Ферромагнетики 61
Форсировка напряжения возбуждением 343
Фотоэлементы 54
Фуко токи 81

Характеристика электродвигателя 461
Химический элемент 40

Химическое электричество 40
Хромирование 26

Центр тяжести нагрузки 373

Частота переменного тока 85, 125

Штыревые изоляторы 380

Щелочные аккумуляторы 49
Щетки коллекторные 82, 138
Щиты управления 289

Электризация 12, 20, 71
Электрическая мощность 37
— прочность 19
— система 258
— цепь 21
— энергия 31
Электрические величины и единицы их измерения 136
— сети 259, 371
Электрический ток проводимости 6
Электрическое поле 14
Электричество 5
Электрод 25
Электродвижущая сила 22, 72, 83
Электроизгородь 77
Электрокультура 553
Электролиз 25
Электролит 7, 25, 46
Электромагнетизм, 56, 69
Электромагниты 68
Электромагнитная муфта 69, 232
— индукция 72
Электрон 6
Электронагрев в сельском хозяйстве 557
Электропривод 459—462
Электрорафинирование 25
Электросварка 182—185
Электростанция автоматическая 266
— атомная 266
— гидравлическая 267
— дизельная 266
— тепловая 263
Электростатическое поле 14
Электротехническая сталь 65
Электрохимическое обезжиривание 26
Электроэнергии учет коммерческий 149
— — технический 149
Энергия, виды 5
Энергосистема 258

Якорь 187
Ящики пусковые 288

Оглавление

Введение 3

Раздел первый

Практическая электротехника

Глава I. Основы электричества. Электрические заряды. Электрическое поле 5

§ 1. Природа электричества. Электрические свойства веществ 5
§ 2. Системы единиц измерений электрических, магнитных и механических величин 8
§ 3. Статический заряд тела и электрическое поле . . . 12
§ 4. Конденсаторы 14
§ 5. Разряд конденсатора. Электрическая прочность диэлектрика 18
§ 6. Статическое электричество 20

Глава II. Постоянный ток 21

§ 1. Электрическая цепь постоянного тока. Закон Ома 21
§ 2. Постоянный ток в электролитах. Электролиз. Гальванотехника 25
§ 3. Параллельное и последовательное соединение сопротивлений 26
§ 4. Расчет сопротивлений 29
§ 5. Влияние нагрева на величину сопротивления . . . 31
§ 6. Реостаты и магазины сопротивлений 33
§ 7. Сопротивления постоянной величины 35
§ 8. Мощность в цепи постоянного тока, электрическая энергия и коэффициент полезного действия 37

Глава III. Источники постоянного тока 40

§ 1. Гальванические элементы 40
§ 2. Аккумуляторы — вторичные химические элементы 43
§ 3. Эксплуатация аккумуляторов 45

§ 4. Топливные элементы 50
§ 5. Термоэлектрогенераторы 51
§ 6. Фотоэлементы и «солнечные батареи» 54

Глава IV. Электромагнетизм 56

§ 1. Естественный магнит и магнитное поле 56
§ 2. Магнитное поле проводника с током 58
§ 3. Напряженность магнитного поля и магнитная индукция 59
§ 4. Магнитные свойства материалов 60
§ 5. Магнитный поток 63
§ 6. Остаточный магнетизм. Потери на перемагничивание 63
§ 7. Магнитные материалы 65
§ 8. Закон Ома для магнитной цепи и ее расчет . . . 66
§ 9. Электромагниты и их применение 68
§ 10. Проводник с током в магнитном поле 69

Глава V. Превращение механической энергии в электрическую. Электромагнитная индукция. 71

§ 1. Генераторы трибоэлектричества. Пьезоэлектричество 71
§ 2. Электромагнитная индукция 72
§ 3. Самоиндукция. Индукционная аппаратура 75
§ 4. Индуктивности катушек. Соединение индуктивностей 79
§ 5. Вихревые токи 81

Глава VI. Однофазный переменный ток 82

§ 1. Получение переменного тока 82
§ 2. Частота колебаний переменного тока 85
§ 3. Действующее значение переменного синусоидального тока 87
§ 4. Цепь переменного тока с активным сопротивлением 89
§ 5. Цепь переменного тока с индуктивностью 92
§ 6. Цепь переменного тока с активным сопротивлением и индуктивностью 98
§ 7. Цепь переменного тока с емкостью 105
§ 8. Цепь переменного тока с активным сопротивлением и емкостью 110
§ 9. Цепь переменного тока с активным сопротивлением, индуктивностью и емкостью 112
§ 10. Цепь переменного тока с параллельно соединенными приемниками энергии 114
§ 11. Убытки от низкого cos φ и его компенсации . . 120

Глава VII. Трехфазный переменный ток 123

§ 1. Генерирование трехфазного тока 123
§ 2. Соединение источников тока 126
§ 3. Соединение фаз звездой 128
§ 4. Соединение фаз треугольником 131
§ 5. Мощность трехфазного тока 133

Глава VIII. Измерения электрических величин 135

§ 1. Электрические величины и единицы измерения . . 135
§ 2. Конструкции приборов, их классификация и условные обозначения на шкалах 137
§ 3. Измерение напряжения и тока 142
§ 4. Измерение мощности 146
§ 5. Астатические приборы 148
§ 6. Электрические счетчики и их включение 149
§ 7. Расширение пределов измерения счетчиков . . . 152
§ 8. Измерительные трансформаторы 155
§ 9. Измерительные приборы-логометры 159
§ 10. Приборы для измерения активных сопротивлений, индуктивностей и емкостей с использованием мостовых схем 161
§ 11. Регистрирующие приборы и осциллографы . . . 162

Глава IX. Силовые трансформаторы 163

§ 1. Принцип действия и устройство трансформатора 163
§ 2. Силовые трехфазные и однофазные трансформаторы 165
§ 3. Номинальная мощность трансформатора 168
§ 4. Номинальное первичное и вторичное напряжения 170
§ 5. Коэффициент трансформации и потери холостого хода. Напряжение короткого замыкания и потери короткого замыкания 173
§ 6. Коэффициент полезного действия трансформатора 176
§ 7. Группа соединения обмоток трансформатора . . . 177
§ 8. Параллельная работа трансформаторов 179
§ 9. Автотрансформаторы 180
§ 10. Электросварочные трансформаторы. Электросварка 182

Глава X. Коллекторные электрические машины 186

§ 1. Устройство машины постоянного тока 186
§ 2. Схемы включения и способы возбуждения генераторов постоянного тока 189
§ 3. Схемы включения двигателей постоянного тока . . 191
§ 4. Автомобильные генераторы постоянного тока. Стартерный двигатель 194
§ 5. Коллекторные машины переменного тока 199
§ 6. Основные правила ухода за коллекторными машинами и их эксплуатации 199

Глава XI. Асинхронные машины 201

§ 1. Устройство асинхронного двигателя 201
§ 2. Технический паспорт электродвигателя. Типы двигателей 203
§ 3. Напряжение сети и схемы соединений обмоток. Определение согласованных выводов (начал и концов) фаз статорной обмотки 207
§ 4. Ток, потребляемый двигателем из сети. Пуск электродвигателя с переключением обмоток статора со звезды на треугольник 211

§ 5. Устройство и схема включения двигателя с фазным ротором 213
§ 6. Скорость вращения асинхронного электродвигателя. Мощность и к. п. д. двигателя. Коэффициент мощности (cos φ) 215
§ 7. Вращающий момент двигателя. Усилие на валу 218
§ 8. Однофазный асинхронный двигатель. Включение трехфазного двигателя в однофазную сеть 221
§ 9. Эксплуатация электродвигателя и уход за ним. Неисправности и их устранение 224
§ 10. Многоскоростные асинхронные электродвигатели 227
§ 11. Асинхронные генераторы 229
§ 12. Асинхронный преобразователь частоты. Асинхронные муфты скольжения 231

Глава XII. Синхронные машины 233

§ 1. Устройство синхронных машин. Способы возбуждения синхронных генераторов 233
§ 2. Основные параметры генераторов 237
§ 3. Параллельная работа генераторов 238
§ 4. Генераторы переменного тока с постоянными магнитами. Магнето 244
§ 5. Синхронные двигатели 245

Глава XIII. Выпрямление переменного тока в постоянный 247

§ 1. Вращающиеся преобразователи тока 247
§ 2. Твердые выпрямители 249
§ 3. Схемы соединений твердых выпрямителей 252
§ 4. Газотронные и ртутные выпрямители 255

Раздел второй

Производство и распределение электрической энергии

Глава XIV. Источники энергоснабжения и графики их нагрузки 258

§ 1. Передача электрической энергии от источников к потребителям 258
§ 2. Схемы соединений электрических станций и подстанций 261
§ 3. Классификация электростанций 263
§ 4. Графики нагрузок источника электроснабжения 269
§ 5. Годовые графики и их анализ 271

Глава XV. Аппаратура управления, используемая в электроустановках 273

§ 1. Рубильники и переключатели 273
§ 2. Пакетные выключатели 275
§ 3. Воздушные автоматические выключатели (автоматы) 276
§ 4. Электромагнитные контакторы переменного тока. Магнитные пускатели 280
§ 5. Комплектные устройства управления 288

§ 6. Общие сведения об аппаратуре высокого напряжения. Разъединители. Выключатели нагрузки . . . 290
§ 7. Высоковольтные автоматические выключатели и приводы к ним 292
§ 8. Общие сведения о выборе аппаратуры управления электроустановками 299

Глава XVI. Релейная защита сельских станций и подстанций. Предохранители низкого и высокого напряжений 302

§ 1. Назначение релейной защиты и предъявляемые к ней требования 302
§ 2. Принцип действия реле, способы включения и воздействия на выключатель 304
§ 3. Основные параметры и характеристики реле . . . 312
§ 4. Релейная защита воздушных электрических сетей и генераторов 314
§ 5. Релейная защита трансформаторов. Защита мощных электродвигателей 319
§ 6. Предохранители низкого и высокого напряжения 320

Глава XVII. Распределительные устройства и трансформаторные подстанции 327

§ 1. Общие сведения. Распределительные устройства до 1000 *в* 327
§ 2. Закрытые высоковольтные распределительные устройства 6—10 *кв* 330
§ 3. Потребительские подстанции 10/0,4 *кв* 332
§ 4. Трансформаторные подстанции 35/10 и 35/6 *кв* . . . 336

Глава XVIII. Регулирование частоты и напряжения генераторов на сельских электростанциях 337

§ 1. Общие сведения. Автоматическое регулирование частоты напряжения и активной мощности 337
§ 2. Автоматические регуляторы напряжения 340
§ 3. Компаундирование возбуждения синхронных генераторов 342
§ 4. Быстродействующая релейная форсировка напряжения возбуждения 344

Глава XIX. Заземления в электроустановках. Меры безопасности в электроустановках. 345

§ 1. Общие сведения. Основные характеристики заземлителей и заземляющих контуров 345
§ 2. Определение сопротивления растеканию заземлителей 350
§ 3. Требования к заземлениям в различных электроустановках 353
§ 4. Особенности устройства заземления распределительных сетей 380/220 *в* 356
§ 5. Классификация помещений по степени опасности поражения людей электрическим током, по условиям окружающей среды и допускаемые напряжения электроустановок 359

§ 6. Защитное отключение 362
§ 7. Индивидуальные средства защиты 363
§ 8. Общие меры безопасности в электрических установках 365
§ 9. Оказание первой помощи пострадавшему от электрического тока 366

Глава XX. Линии и сети. Расчет проводов 371

§ 1. Схемы распределения электрической энергии, применяемые в сельском хозяйстве, и их особенности. Выбор местоположения подстанции 371
§ 2. Требования, предъявляемые к электрическим сетям 374
§ 3. Конструкции опор. Изоляторы для сетей низкого и высокого напряжения 377
§ 4. Типы проводов для электрических линий 381
§ 5. Выбор сечения проводов по условиям нагрева . . 386
§ 6. Выбор плавких вставок предохранителей по условиям нагрева 388
§ 7. Расчет проводов на потерю напряжения 389
§ 8. Основные формулы для расчета проводов на потерю напряжения 396
§ 9. Проверка сети на колебания напряжения при пуске электродвигателей 399
§ 10. Выбор проводов по механической прочности . . . 402
§ 11. Требования к внутренней проводке. 402

Глава XXI. Монтаж внутренних проводок. Элементы строительства и монтажа воздушных и кабельных линий 406

§ 1. Исполнение открытых проводок 406
§ 2. Скрытые проводки 411
§ 3. Соединение, ответвление и оконцевание проводов 414
§ 4. Прокладка и крепление проводов 417
§ 5. Установка осветительной арматуры, выключателей и групповых щитков 422
§ 6. Проводки вне помещений и вводы. Заземления в проводках 427
§ 7. Схемы осветительных цепей 429
§ 8. Рекомендации по монтажу силовых проводок в производственных помещениях 430
§ 9. Элементы монтажа воздушных линий 430
§ 10. Соединения кабелей 433

Глава XXII. Грозозащита в сельских электроустановках . . 435

§ 1. Гроза и ее природа 435
§ 2. Последствия разрядов линейной молнии и поведение человека во время грозы 437
§ 3. Грозозащита строений в сельской местности . . . 441
§ 4. Примеры грозозащиты сельскохозяйственных объектов 449
§ 5. Меры по грозозащите при устройстве наружных антенн приемников и телевизоров в сельской местности 451
§ 6. Грозозащита сельских линий передач и сетей . . . 452
§ 7. Эксплуатация грозозащитных устройств 457

Раздел третий

Применение электрической энергии в сельском хозяйстве для привода машин, освещения, облучения и получения тепла

Глава XXIII. Электропривод в сельском хозяйстве 459
§ 1. Общие сведения об электроприводе. Механические характеристики приводов 459
§ 2. Тепловой режим электродвигателя и выбор его мощности 463
§ 3. Механическая передача от двигателя к рабочей машине 467
§ 4. Основные указания по установке электродвигателя 471
§ 5. Выбор электродвигателя по конструктивному исполнению 473

Глава XXIV. Схемы автоматического управления электроприводами 475
§ 1. Виды схем автоматики и условные обозначения на схемах 475
§ 2. Типовые схемы управления асинхронным короткозамкнутым электродвигателем 477
§ 3. Типовые схемы управления электродвигателем с фазным ротором 481
§ 4. Управление электродвигателями в заданной последовательности 485
§ 5. Технологические датчики и их использование для автоматического управления сельскохозяйственными установками 486

Глава XXV. Использование электрического освещения в сельском хозяйстве 494
§ 1. Спектр электромагнитных колебаний. Основные светотехнические понятия 494
§ 2. Лампы накаливания 500
§ 3. Арматура для ламп накаливания. Прожекторы . 506
§ 4. Люминесцентные лампы 510
§ 5. Сравнение расходов на эксплуатацию ламп накаливания и люминесцентных ламп 516
§ 6. Дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления (ДРЛ) 517
§ 7. Выбор светильников и их размещение 519
§ 8. Виды и системы освещения 522
§ 9. Простой способ расчета освещения лампами накаливания 525
§ 10. Осветительные сети 527
§ 11. Уход за электроосветительными приборами . . . 530
§ 12. Производственное использование электрического света 531

Глава XXVI. Использование ультрафиолетовых, инфракрасных и других излучений в сельском хозяйстве . . . 536
§ 1. Диапазон ультрафиолетовых лучей. Источники ультрафиолетового излучения 536

§ 2. Нормы эритемного облучения сельскохозяйственных животных и птицы. Эффективность облучения 545
§ 3. Люминесцентный анализ в сельском хозяйстве . . . 548
§ 4. Источники инфракрасных лучей 550
§ 5. Применение инфракрасных лучей 551
§ 6. Общее определение электрокультуры 553
§ 7. Различное использование ионизирующих излучений 555
§ 8. Метод меченых атомов 556

Глава XXVII. Применение электрической энергии для получения тепла 557

§ 1. Перспективы использования электрической энергии для тепловых целей 557
§ 2. Электронагревательные приборы для бытовых целей 559
§ 3. Применение электротепла в производственных процессах 561
§ 4. Электрообогрев в защищенном грунте 563
§ 5. Получение тепла при помощи тепловых насосов. Кондиционеры 568

Алфавитный указатель 571

Прищеп Леонид Георгиевич
Пособие для сельского электрика. Изд 3-е, перераб. и доп. М., изд-во «Колос», 1969.
584 с. (Уч-ки и учеб. пособия для подготовки с.-х. кадров массовой квалификации.)

УДК 621.3+631.371:621.311 (075.8)

Редактор *В. М. Никитина*
Художник *Ю. М. Аратовский*
Художественный редактор *М. Д. Северина*
Технический редактор *В. И. Просвирина*
Корректор *Р. Д. Пронман*

Сдано в набор 8/I 1969 г. Подписано к печати 13/III 1969 г. Т03477. Формат 84×108$^{1}/_{32}$. Бумага тип. № 3. Печ. л. 18,25 (30,66). Уч.-изд. л. 33,16. Изд № 346. Б З № 14 1969 г. № 15. Тираж 100000 экз.
Заказ № 3505. Цена 85 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Ордена Трудового Красного Знамени
Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Москва, Ж-54, Валовая, 28.

85 коп.

ПОСОБИЕ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРИКА