# ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(источники света), преобразователи разл. видов энергии в эл.-магн. энергию оптич. диапазона с условными границами 1011—1017 Гц, что соответствует длинам волн в вакууме от неск. мм до неск. нм. Естественными И. о. и. явл. Солнце, звёзды, атмосферные разряды и др., а также люминесцирующие объекты животного и растит. мира (см. [ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1033/ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ)). Искусственные И. о. и. различаются в зависимости от того, какой процесс лежит в основе получения эл.-магн. излучения оптич. диапазона. И. о. и. могут быть когерентны и некогерентны (см. [КОГЕРЕНТНОСТЬ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1408/КОГЕРЕНТНОСТЬ)). Временной и пространств, когерентностью обладает только излучение лазеров. Излучение остальных И. о. и. представляет собой суммарный эффект независимых актов спонтанного испускания совокупности возбуждённых атомов и молекул. Неодновременность актов испускания приводит к хаотичному распределению фаз волн, излучаемых отд. атомами, т. е. к некогерентности их излучения.

Разнообразие И. о. и. определяется многочисленностью способов преобразования разл. видов энергии в световую, большой широтой оптич. диапазона спектра, разл. требованиями, к-рые предъявляются к И. о. и., применяемым для научных и техн. целей. Искусств. И. о. и. классифицируют по видам излучений, роду используемой энергии, признакам эксплуатац. хар-ра, конструктивным особенностям, назначению. По видам излучений И. о. и. разделяют на тепловые источники и люминесцирующие. Тепловыми И. о. и. явл. пламёна, электрич. лампы накаливания, стержневые и плоскостные излучатели с электронагревом, модели абсолютно чёрного тела, излучатели с газовым нагревом (калильные сетки). Они имеют сплошной спектр, положение максимума к-рого зависит от темп-ры в-ва; с ростом темп-ры общая энергия испускаемого теплового излучения возрастает, а её максимум смещается в область коротких длин волн. Тепловые излучатели используются и как световые эталоны.

В люминесцирующих И. о. и. используется люминесценция газов или тв. тел (кристаллофосфоров), возбуждаемая электрич. полем, напр. при прохождении через них электрич. тока. Электрические разряды в газах используются в разнообразных газоразрядных И. о. и., к-рые различаются в зависимости от вида газового разряда (дуговой, искровой, тлеющий, безэлектродный), хар-ра излучающей среды (газы, пары металлов), режима работы (непрерывный, импульсный).

Различают газосветовые лампы (трубки), в к-рых источник излучения — возбуждённые атомы, молекулы или рекомбинирующие ионы; люминесцентные лампы, где источник излучения — люминофоры, возбуждаемые излучением газового разряда; электродосветные лампы, в к-рых осн. источник излучения — электроды, раскалённые в газовом разряде. Спектры испускания большинства газоразрядных И. о. и. линейчатые, характерные для возбуждённых атомов газа или пара, в к-ром происходит разряд. Распределение энергии в спектре, кпд, величина светового и лучистого потоков, яркость и др. хар-ки зависят от рода газа или пара, его давления, величины разрядного тока, расстояния между электродами и др. условий. В лазерной технике, скоростной фоторегистрации, светолокации распространены импульсные И. о. и., позволяющие получать одиночные или периодически повторяющиеся световые вспышки длительностью до неск. нс.

В И. <о. п. на основе электролюминесценции и электрохемилюминесценции в свет также преобразуется эл.-магн. энергия. В электролюминесцентных И. о. п. оптич. излучение тв. тел возникает либо в результате и н ж е к ц и о н н о й электролюминесценции, характерной для р—n перехода, включённого в цепь источника пост. тока (см. [СВЕТОДИОД](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2699/СВЕТОДИОД)), либо в результате предпробойной электролюминесценции, наблюдаемой у порошкообразных активиров. кристаллофосфоров при помещении их в диэлектрик между обкладками конденсатора, на к-рый подаётся перем. напряжение. В катодолюминесцентных И. <о. п. люминофор возбуждается быстрыми эл-нами (см. [ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2999/ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ)). В р а д и о и з о т о п н ы х И. о. и. люминесценцию возбуждают продуктами радиоакт. распада нек-рых изотопов.

(Источник: «Физический энциклопедический словарь». М.: «Советская энциклопедия», 1984.)

ИСТОЧНИКИ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(источники света) - приборы и устройства, а также природные и космич. объекты, в к-рых разл. виды энергии преобразуются в энергию оптич. излучения в диапазоне длин волн l@10 нм4l мм. Космич. и природные излучающие объекты - Солнце, звёзды, атм. разряды и др.- являются естественными И. о. и. Искусственные *И. о.* и. в зависимости от вида преобладающего элементарного процесса испускания - вынужденного или спонтанного - разделяются на когерентные (см. [*Когерентность*](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1408/Когерентность) )и некогерентные. Когерентные И. о. и. (лазеры) генерируют излучение с чрезвычайно большой спектральной интенсивностью и высокой степенью направленности и монохроматичности. Излучение большинства И. о. и. некогерентно и представляет собой суперпозицию эл.-магн. волн, спонтанно испускаемых совокупностью независимых элементарных излучателей. <Описываемые ниже искусств, некогерентные И. о. и. классифицируют по видам излучений, роду вводимой в них энергии и способам преобразования её в световую, по назначению, виду и области спектра (ИК, видимая, ближняя УФ, вакуумная УФ), конструктивным особенностям и режимам эксплуатации, обусловленным разл. требованиями, предъявляемыми к И. о. и. в их разнообразных научных и прикладных применениях. <Излучение И. о, и. характеризуется энергетич. ( *е*) или световыми (*v* )фотометрич. величинами - потоком *Ф е,v*,силой света I*v*,яркостью L*e,v*,светимостью *М е,v*, а его распределение по спектру описывается их спектральной плотностью. Многие И. о. и., преим. со сплошным спектром, удобно аттестовать по их яркостной *Т B* или цветовой *Т C* темп-ре. В ряде применений существенно знать освещённость *Е е,v*, создаваемую И. о. и., или для их характеристики используются нестандартные величины, напр, поток фотонов Ф N. Импульсные И. о. и. характеризуются длительностью т и формой импульса излучения, к-рое описывается пиковыми значениями и интегралами по времени фотометрич. величин (см. [*Фотометрия импульсная*](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/2295/Фотометрия)*).* Эффективность преобразования вводимой в И. о. и. энергии в световую определяется энергетич. (спектральным) кпд или *световой отдачей*h*v*.В число техн. характеристик И. о. и. входят также вводимая мощность *Р* или энергия *W,* размер светящегося тела *S,* пространственное распределение и стабильность излучения, срок службы и т. п. Наиб, важные для конкретных И. о. и. показатели определяются их назначением. Самыми распространёнными являются выпускаемые промышленностью осветительные лампы и И. о. и., используемые в серийных приборах и техн. устройствах. В научных исследованиях наряду с серийными используются также спец. лаб. И. о. и., наиболее соответствующие требованиям эксперимента. <По видам излучения, определяемым термодинамич. состоянием светящегося тела, И. о. и. разделяются на тепловые с равновесно нагретым телом в конденсированном состоянии и люминесцирующие с неравновесно возбуждаемым телом в любом агрегатном состоянии. Особый класс составляют плазменные И. о. и., излучение к-рых в зависимости от параметров плазмы и спектрального интервала может быть равновесным и неравновесным, тепловым или люминесцентным. **Тепловые И. о. и.** имеют сплошной спектр и энергетич. характеристики, описываемые законами теплового излучения, в к-рых осн. параметрами являются темп-pa *Т* и коэф. излучения светящегося тела e(l*, Т*)*.* С повышением *Т* быстро возрастают *Le* и *М е* и спектральные плотности этих величин, а их максимум смещается в коротковолновую область. В пределе e(l)=1 достигается излучение абсолютно чёрного тела, что близко выполняется, напр., для Солнца (TB=6.103 К, L*v*,=2.108 кд/м 2, Ee=1,37 кВт/м 2 - вне атмосферы), излучение к-рого используется в теплофиз. и энергетич. гелиоустановках, а также может применяться для накачки лазеров. В искусств, тепловых И. о. и. излучающее тело нагревается электрич. током или в результате выделения энергии в хим. реакциях горения. <Пламёна, возникающие при горении газовых, жидких или твёрдых горючих веществ, имеют сплошной спектр излучения с Т B до 3000 К, образованный раскалёнными твёрдыми микрочастицами. В отсутствие таких частиц наблюдается полосатый и линейчатый спектр излучения, создаваемый газообразными продуктами горения или хим. элементами, специально вводимыми в пламя, напр, для спектрального анализа методом пламенной фотометрии или атомно-абсорбционным. В пиротехн. осветительных и сигнальных средствах (ракеты, фейерверки и др.), излучение к-рых имеет I*v*=10-300 ккд и длительность t=5-200 с, используются спрессованные пламенные составы, содержащие горючее вещество (порошок Mg или А1, их смеси и сплавы или органич. вещества) и окислитель (богатые кислородом соли Na, К или Ва). Аналогичные составы для освещения при фотографировании обеспечивают большую скорость горения (t~0,1 с) и *Lv*~107 кд/м 2. Фотогр. лампы-вспышки одноразового действия дают импульс излучения с t~10-2 с и *Lv* до 108 кд/м 2 при сгорании Mg- или Zr- фольги в наполненной О 2 колбе. <В качестве источника ИК-излучения используют керамич. и металлич. тела разных форм (плиты, трубы, сетки и др.) и размеров (от неск. см до десятков см), нагреваемые до T=500-1800 К пламенным или каталитическим (без пламени) сжиганием газа. К ним относятся газовые ИК-излучатели, калильные сетки. <В электрич. ИК-излучателях накаливаемый током нагреватель (нихромовая или вольфрамовая спираль) помещается в излучающую оболочку из кварцевого стекла (Р=0,5-5 кВт, *Т* до 1400 К), керамики ( *Р=*0*,*1 - 1,2 кВт, *Т* до 1300 К), жароупорной стали (трубчатый электронагреватель, P=0,05-25 кВт, T=400-1000 К) либо излучает само тело накала, изготовляемое в виде ленты, спирали, стержня, трубы и т. д. из тугоплавких металлов (W, Мо, Та, Pt и др.) или проводящих немегаллич. материалов (графит, тугоплавкие карбиды и окислы металлов). Графит [возгоняется при T=3640 К, e(l)=0,7-0,9] и металлы, напр. W [плавится при T=3650 К, e(l>1 мкм)=0,4-0,1, e(l>0,25 мкм)=0,5-0,4], вследствие большой хим. активности при рабочих темп-pax T=1800-3200 К могут использоваться только в вакууме или инертной газовой среде (за исключением Pt). Перечисленные источники ИК-излучения применяются в теплофиз. исследованиях и для промышл. термообработки материалов. <Эталонные излучатели для ИК-спектрофотометрии - штифт Нернста, глобар - имеют хорошо воспроизводимую зависимость e(l, Т)*=0,8-*0,95 в ИК-области. Штифт Нернста представляет собой стержень Ж (0,1-0,3)3(1-3) см из спец. оксидно-керамич. массы (ZrO2, Y2O3, ThO2), проводящий при T>1000 К. Разогреваемый током до T=1700 К, он излучает как серое тело при l>7 мкм. Глобар - проводящий силитовый (SiC) стержень размером Ж (0,6-2,5)3(6-40) см при рабочей *Т=*1400 К имеет М е~80 кВт/м 2 и немонотонную зависимость e(l)в области l=2-200 мкм; нанесение покрытия из ThO2 позволяет повысить *T* до 2200 К. <Для метрологич. измерений используется определяемое только величиной *Т* равновесное излучение моделей чёрного тела с e(l)>0,99. Модели чёрного тела представляют собой сферич., конич., клиновидные, цилиндрич. полости с малым отношением диаметра выходного отверстия (Жх3 см) к глубине полости, изготовляемой из графита, стеклоуглерода, металлов или их карбидов, нагреваемых до Tх3000 К (Р=0,1-25 кВт).Электрич. вольфрамовые лампы накаливания (ЛН) являются самыми распространёнными тепловыми И. о. и., применяемыми для общего и спец. освещения, сигнализации, в кинопроекц. аппаратуре, прожекторах, в качестве эталонов в пирометрии и фотометрии(светоизмерит. лампы). Номенклатура серийных ЛН составляет ок. 600 типоразмеров - от сверхминиатюрных (Р=0,01 Вт, Ж 0,2 см) до мощных прожекторных (Р=10 кВт, 030 см). Тело накала изготовляется из W в виде нити, спирали или ленты и помещается в вакуумируемую или наполняемую инертным газом стеклянную колбу, обычно каплеобразной формы. Световые характеристики и срок службы ЛН, ограничиваемый потемнением колбы из-за распыления W нити и её перегоранием, сильно зависят от Тнакала: при T=2400-3300 К, *Lv=*106*-*3.107 кд/м 2, h*v=*8*-*28 лм/Вт срок службы от 1000 до 5 ч соответственно. <Галогенные ЛН (ГЛН) наполняются Хе с добавками I2 или летучих хим. соединений Вr, обеспечивающими обратный перенос испарившегося W со стенки колбы на нить в замкнутом хим. цикле. Благодаря этому они служат до 2000 ч при T с=3200 К и h*v*=28 лм/Вт, Р= (15-2).104 Вт. Для осуществления галогенного цикла оболочка должна иметь *Т ~*500 К, поэтому колбой ГЛН служит узкая кварцевая трубка Ж (0,8-3,6)3(3,6-90) см, вдоль оси к-рой располагается вольфрамовая спираль или кварцевый цилиндр, близко прилегающий к компактному телу накала. ГЛН применяются в тех же областях, что и обычные ЛН, а также для дакачки непрерывных лазеров, в ксерографии и термографии. <Электродосветные И. о. и., в к-рых достигаются предельные для веществ в конденсированном состоянии *Т~*4200 К и L*v*~3.108 кд/м 2, используются в прожекторах, установках радиац. нагрева, в качестве стандарта яркости в спектроскопии и точечного эталонного источника в фотометрии. Излучателем в них служит анодный кратер или ограниченная раскалённая зона катода (Ж0,07-1 см) дугового разряда в воздухе (угольные электроды, Рдо 30 кВт) или в наполненной Аr лампе (вольфрамовые электроды, *Р* мин до 2 Вт). Для улучшения световых характеристик в электродах делают спец. вставки из ZrO2, Ce2O3 и др. На сплошной спектр теплового излучения электрода накладываются линии и полосы спектра дуговой плазмы. **Плазменные И. о. и.** имеют энергетич. характеристики и вид спектра излучения, определяемые темп-рой *Т* и давлением *р* плазмы, образующейся в них при электрич. разряде или иным способом, и изменяющиеся в широких пределах в зависимости от хим. состава рабочего вещества и вводимой уд. мощности. При низких *Т к р* спектр излучения в основном представляет собой узкие атомные резонансные линии и молекулярные полосы. С увеличением вводимой уд. мощности и повышением *Т* в спектре излучения плазмы начинают преобладать линии возбуждённых атомов и ионов и появляется сплошной фон, обусловленный тормозным и рекомбинац. излучениями, возникающими при столкновениях электронов и ионов. При повышении давления линии уширяются, интенсивность континуума возрастает и сначала в линейчатом, а затем и в сплошном спектре, начиная с длинноволновой его части, достигается насыщение до интенсивности излучения абсолютно черного тела при *Т* плазмы. Предельные параметры, ограничиваемые технически осуществимой скоростью ввода энергии и стойкостью материалов конструкции, в импульсных плазменных И. о. и. намного выше, чем в непрерывных. <Газоразрядные И. о. и. изготовляются в виде герметичных ламп трубчатой, шаровой и др. формы с впаянными в них электродами, наполняемых газами при давлениях от Па до МПа. В них могут вводиться металлы или их хим. соединения, испаряемые при разряде в буферном инертном газе (Аr, смесь Ne- Аг, *р*сотни - тысячи Па) до давления насыщенных паров p н, определяемого темп-рой колбы. Особенно широко используется Hg, имеющая относительно высокое *р* н при низких *Т* и химически не взаимодействующаясо стеклом. Разрядные трубки ламп со щелочными и др. металлами изготовляются из термо и химически стойких прозрачных материалов (спец. сорта стекла, поликор и др.) и обычно помещаются во внеш. стеклянную оболочку для поддержания необходимого теплового режима, к-рый устанавливается только через неск. минут после включения. Ртутные и ксеноновые лампы высокого (до 2 МПа) и сверхвысокого (до 20 МПа) давления имеют колбы из кварцевого стекла, сохраняющего прочность при рабочих темп-рах 700-1200 К. В лаб. источниках используются камеры спец. конструкций, напр, с продувом газа, с дифференциальной откачкой для получения вакуумного УФ-излучения и др. Спектральный диапазон излучения, выходящего из газоразрядных И. о. и., определяется областью пропускания материала колбы лампы - силикатных (0,29-4 мкм) и кварцевых (0,16-4,5 мкм) стёкол или окошек из этих и др. оптических материалов (сапфир, флюорит, MgF, LiF).Газоразрядные И. о. и. низкого давления (рх20 кПа) в зависимости от плотности тока на катоде *j* к работают в режиме тлеющего или дугового разряда. В индикаторных лампах и панелях, обычно наполняемых смесью Ne с Не и Аr, используется тлеющее свечение, локализованное вблизи катода (L*v*=102-104 кд/м 2). Трубчатые лампы с парами Hg (р н~10 Па) и Na(р н~0,2 Па) в положительном столбе разряда излучают в резонансных линиях Hg (l=253,7; 184,9 нм) и Na (l=589,0;589,6 нм) до 80% вводимой мощности, благодаря чему достигаются большие кпд и h*v*.Вследствие малых токов их мощность Рх80 и 500 Вт соответственно, а срок службы доходит до 15000 ч. Натриевые лампы имеют самую высокую h*v* (до 170 лм/Вт), но из-за плохой цветопередачи применяются только для наружного освещения и сигнализации. Ртутные люминесцентные лампы широко используются для внутреннего и декоративного освещения. На внутр. поверхность их стеклянной трубки Ж(1,7-4)3(13-150) см наносится слой люминофора, преобразующий резонансное излучение Hg в видимую область со спектральным составом излучения, близким к дневному свету ( *Т с=*2700-6000 К, *Lv* до 80 ккд/м 2, h*v* до 90 лм/Вт) или определённой цветности. Эритемные (люминесцентные с l=280-400 нм) и бактерицидные лампы, излучающие с l=253,7 нм через стенку колбы из увиолевого стекла, используются в медицине и биологии. <Спектральные лампы, излучающие узкие, в основном резонансные линии разл. элементов или непрерывный спектр с известной спектральной плотностью *Ф е,* используются в спектрофотометрии, эмиссионном, атомно-абсорбционном и атомно-флуорес-центном анализе, спектроскопии сверхвысокого разрешения, оптич. магнитометрии, рефрактометрии, в качестве эталонов длин волн и спектральной плотности при градуировке спектральных приборов и приёмников излучения. Спектральные дуговые лампы с парами металлов (Hg, Cd, Zn, Tl, Na, К, Rb, Cs) излучают линейчатые спектры с яркими (L*v*=2,5-1000 ккд/м 2) резонансными линиями металлов в видимой, ближних УФ- и ИК-областях; лампы с инертными газами излучают линейчатые спектры с резонансными линиями инертных газов в вакуумной УФ-области (Ф e=1014-1016 ф/с). Водородные и дейтериевые лампы излучают рекомбинац. и молекулярный континуум в диапазоне l=500-165 нм и линейчатый спектр до l=90 им. В высокочастотных безэлектродных лампах (серийные - со сферич. стеклянной колбой Ж 2 см) спектры этих и нек-рых др. легколетучих элементов возбуждаются эл.-магн. полем с частотой 1-104 МГц, благодаря чему устраняются электродные загрязнения, уменьшаются самопоглощение и уширение резонансных линий, а их интенсивность значительно возрастает. Спектральные лампы с полым катодом излучают линейчатыеспектры элементов, в т. ч. труднолетучих, распыляемых с катода ионной бомбардировкой. Спектральные лампы всех типов позволяют получать линейчатые спектры ок. 70 хим. элементов. В спектроскопии используются также разл. лаб. модификации газоразрядных И. о. и. низкого давления: лампы с инертными газами, излучающие молекулярные континуумы в диапазоне l=60-200 нм; метрологич. лампы с чётными изотопами, имеющими особо узкие линии без сверхтонкой структуры (D*v*=0,01 см -1) при охлаждении области разряда до криогенных темп-р, и др. источники. <Дуговые лаб. источники и серийные лампы высокого и сверхвысокого давлений позволяют вводить значит, уд. мощность (j к>100 А/см 2) и дают излучение высокой яркости с широко варьируемым спектром. Свободно горящая дуга, используемая в эмиссионном спектральном анализе, имеет неустойчивый канал, в к-рый поступают испускающие линейчатый спектр пары материала электродов или спец. вставки в нём. В лаб. источниках, применяемых в спектроскопии плазмы, дуга стабилизируется устраняющей загрязнения вытяжкой газа через электроды или охлаждаемыми водой медными шайбами (при наблюдении канала длиной неск. см и Ж0,2-1 см вдоль оси). Такaя стабилизированная каскадная дуга используется и как эталонный источник (в континууме Аr при р=0,1-1 МПа, *Т*B до 1,2.104 К; в вакуумных УФ-линиях Н *Т*B до2,2.104 К). Мощная дуга с вихревой стабилизацией канала Ж 0,2-1 см и длиной неск. см, обычно в Аr при *р* до 7 МПа и *Р* до 150 кВт, даёт сплошное излучение с *Т*B~6000 К и применяется для имитации солнечного излучения, в фотохимии и установках радиац. нагрева. <В дуговых ртутных трубчатых (ДРТ) лампах высокого давления [Ж (1,5-3,2)3(4,5-100) см, *Р=*0,1*-*5 кВт] резонансные линии сильно самообращены и в основном излучаются уширенные линии в УФ (l=313,365 нм) и видимой областях; в сплошном ИК- спектре при l>100 мкм *Т*B*~*1000-4000 К. Специально стабилизированная лампа такого типа с хорошо воспроизводимым распределением спектральной плотности *Ф е* в УФ-спектре служит эталонным источником. Лампы ДРТ применяются в люминесцентном анализе, фотохимии, ИК-спектроскопии, для возбуждения спектров комбинац. рассеяния, в медицине и биологии, для светокопирования и фотолитографии. Для освещения используются ртутные лампы, в к-рых разрядная трубка помещается в стеклянную оболочку, покрытую люминофором, усиливающим красную часть спектра ( *Р*=80-2000 Вт, h*v* до 50 лм/Вт); для УФ-облучения разрядная трубка помещается в непрозрачную для видимого света оболочку. <В металлогалогенных лампах - дуговых ртутных с излучающими добавками (ДРИ) - спектр корректируют, вводя в разряд галогениды разл. металлов (Na, Tl, In, Sn, Sc, Dy, Ho, Tm), к-рые испаряются легче, чем сами металлы, и не разрушают кварцевую колбу. Замкнутый галогенный цикл переноса металла со стенки в область разряда протекает при высокой и равномерной темп-ре колбы, поэтому разрядную трубку помещают в стеклянную оболочку или делают лампы с короткой дугой в шаровой колбе. Лампы ДРИ ( *Р*=0,4-4 кВт, h*v*=60-100 лм/Вт), имеющие спектр, близкий к солнечному (TB=4200-6000 К), используют для имитации его излучения, цветных фото-, кино- и телевизионных съёмок, в полиграфии, проекц. аппаратуре и прожекторах. В шаровых лампах сверхвысокого давления - дуговых ртутных (ДРШ) и ксеноновых (ДКсШ) - для уменьшения тепловой нагрузки стенка удалена от канала разряда, и он сохраняет устойчивость только при малом межэлектродном промежутке (0,03-1 см). Лампы ДРШ ( *Р*=0,1-10 кВт, *Lv*=108-2,5.109 кд/м 2),имеющие спектр, обрезанный при l<280 нм за счёт самопоглощения, с сильно . уширенными линиями и интенсивным фоном, находят применение в люминесцентном анализе и микроскопии, проекц. системах и в фотолитографии. Лампы ДКсШ ( *Р*=0,2-3 кВт; разборные, с принудительным охлаждением до 55 кВт, h*v*=35-58 лм/Вт, L*v*=108-6.109 кд/м 2), используемые в кинопроекц. аппаратуре, в установках радиац. нагрева и сварки светом, для имитации излучения Солнца, имеют в видимой области непрерывный спектр, близкий к солнечному, с группой сильных линий в диапазоне l*=*0,8-1 мкм. Их излучение можно модулировать с частотой до неск. десятков кГц. Ксеноновые трубчатые лампы высокого давления Ж (0,4-3,8)3(5-210) см, *Р*=2-50 кВт, h*v*=20-45 лм/Вт, L*v*=3.107 кд/м 2), имеющие аналогичный спектр, но с большим числом линий, применяются для наружного освещения и для накачки лазеров непрерывного действия. Для накачки Nd лазеров небольшой мощности более эффективны криптоновые лампы с менее насыщенным спектром, в к-ром фон слабее и доминируют уширенные линии, а также лампы с парами щелочных металлов (особенно К-Rb), т. к. их спектры лучше согласуются с полосами накачки. Лампы с парами щелочных металлов при давлении ~1 атм в трубках Ж (0,5-1,2)3(3,5-12) см из сапфира или поликора селективно излучают в видимой и нижней ИК-областях ( *Р*=0,25- 1 кВт, *Т*B до 4500 К). Натриевые лампы высокого давления с разрядной трубкой, содержащей также Хе и Hg во внеш. колбе, применяются для освещения ( *Т с=*2100К).Импульсные плазменные И. о. и. имеют высокую яркость, достигаемую за счёт кратковрем. ввода очень большой уд. мощности при электрич. разряде, обычно питаемом от батареи конденсаторов, а также при лазерном нагреве или ударном сжатии газа. Импульсные трубчатые или шаровые лампы, как правило, наполняемые Хе при давлении 10-100 кПа, рассчитаны на определ. энергию разряда *W* или ср. мощность *Р* ср в частотном режиме, в пределах к-рых могут варьироваться длительность и яркость одиночной вспышки. В спектре их излучения наблюдаются уширенные атомные и ионные линии, особенно яркие в диапазоне l=0,8-1 мкм, и сплошной фон, насыщаемый в зависимости от режима разряда до уровня, близкого к излучению абсолютно черного тела. Трубчатые лампы делятся на три осн. типа: для накачки лазеров - Ж (0,5-1,6)3(3,6-100) см, W=50-4.104 Дж, *Р* ср=0,01-10 кВт, t=0,1-1,5 мс; светосигнальные и фотоосветительные с прямой, спиральной и др. трубками - *W=*15-2.104 Дж, *Р* ср=2-5500 Вт, t=0,06-40 мс, *Lv* до 8.109 кд/м 2; стробоскопические (капиллярные) - Ж (0,05-0,5)3(1-7) см, W=0,05-25 Дж, *Р* ср=4-1600 Вт, t=2-300 мкс, *Lv* до 1,2.1010 кд/м 2 с частотой импульсов до 5 кГц. В шаровых лампах (W=0,002-160 Дж, *Р* ср=2-500 Вт, t=0,35-50 мкс), используемых в стробоскопах, фотолитографии, для сверхскоростной фотосъёмки, достигаются *Lv* до 1011 кд/м 2 (TB~3.104 К). Искровой разряд с наименьшими длительностями t@нс реализуется при мин. индуктивности разрядного контура в лаб. источниках для импульсного фотолиза или для сверхскоростной фотосъёмки. Разновидностями искрового разряда, применяемыми в эмиссионной спектроскопии, является вакуумная искра, в к-рой возбуждаются спектры многозарядных ионов, и скользящий разряд, развивающийся по поверхности подложки из термостойкого диэлектрика различной формы, размерами несколько см. Лазерная плазма, образующаяся при фокусировке мощного импульса лазерного излучения в плотном газе (лазерная искра, *T*B*=*(2-4,5).104 К) или на твёрдой мишени (TB=3.104-1,8.105 К, S=10-3-10-1 см 2), позволяет получить яркую вспышку (t==10-8-10-7 с) и используется в абсорбционной и эмиссионной спектроскопии. <В электроразрядных эрозионных И. о. и. при большой уд. мощности, вводимой в ограниченный стенкой или магн. полем канал разряда, плазма образуется из материала прилегающей к нему интенсивно испаряющейся непроводящей стойки и канал продувается разогреваемыми в нём продуктами эрозии. При истечении плазмы в окружающее пространство устанавливаются квазистационарные условия, а продув канала обеспечивает его устойчивость при воздействии магн. поля. На основе капиллярного разряда с испаряемой стенкой (КРИС) создана серия импульсных стандартов яркости, излучающих как абсолютно черное тело при *Т*=(3,3-4,0).104 К в области l=4,5 мкм- 75 нм через открытый торец пластмассовых капилляров Ж 0,45-0,2 см (t=3.10-6-4.10-4 с), а принцип его действия использован в мощной лампе для УФ-области с газовой защитой кварцевой трубки Ж 3320 см продуктами испарения спец. пластмассовой вставки внутри неё (W=200 кДж, TB=2,2.104 К, t=2.10-4 с). В магнитоприжатых разрядах (МПР) плазма прижимается внеш. магн. полем к плоской 44240 см 2 или цилиндрич. Ж 14375 см 2 поверхности разл. диэлектриков ( *Т*B*=*(1-2,5).104 К, t=10-4-2,5.10-2 с). Плазменный фокус Ж 0,63(5-15) см 2 магнитоплазменного компрессора излучает сильный континуум, создаваемый рекомбинирующими ионами, в вакуумной УФ-области до l@4 нм (W=9,4 кДж, *Т*B*=*(2,5-6).104 К, t=20 мкс). Мощные стендовые И. о. и. такого типа используются для накачки лазеров, имитации высокотемпературных радиационно-газодинамич. явлений; лаб. источники КРИС и МПР - в спектроскопии плазмы. <Металлич. плазма, образующаяся при электрич. взрыве тонких проволочек в газе или вакууме (*W* до 70 кДж, t=1-100 мкс), даёт яркую вспышку излучения со сплошным спектром, близким к абсолютно черному телу при *T*B=(1,5-5).104 К. Литиевая плазма оптически прозрачна при l<465 нм. При взрыве фольги или одновременно неск. проволочек образуется плазма с развитой плоской или цилиндрич. излучающей поверхностью размером до Ж (20340) см 2 с *T*B=(1,5-3).104 К при *W* до 250 кДж (т. н. слойный импульсный разряд). Взрывом проволочки инициируются протяжённые (до 1 м) сильноточные (до 500 кА) самосжатые разряды в газах (Z=пинч, *Т-*(2-4).104 К). Такого типа И. о. и. применяются для накачки лазеров и импульсного фотолиза (стендовые установки), а также для освещения в фотографии и сверхскоростной съёмке (лаб. источники). Импульсная сильноточная дуга в Аr излучает в вакуумной УФ-области до l=110 нм (W=1-10 кДж, *Т*B до 3.104 К) и используется для импульсного фотолиза и фотоионизации газа в фотоионизац. лазерах. В таких разрядах расширяющийся канал диам. <етром неск. см сжимается под действием магн. поля тока ( *пинч-эффект);* длительность эффективного излучения не превышает ~100 мкс вследствие развития МГД-неустойчивостей. Импульсный нагрев газа при его быстром сжатии до состояния излучающей плазмы осуществляется в движущихся со сверхзвуковой скоростью ударных волнах, создаваемых в т. н. ударных трубах, к-рые применяются для определения атомных и молекулярных констант и сечений элементарных фотопроцессов. Интенсивное излучение со сплошным спектром, близким к излучению абсолютно черного тела при *Т* до 105 К, наблюдается в сильных ударных волнах, образующихся при выходе детонационной волны из кумулятивного канала заряда взрывчатого вещества в газ (воздух, инертный газ) при давлении ~1 атм. Эти т. н. взрывные И. о. и. с *Т*B*=*(2,4-6).104 К, Ж 3-8 см и t=5-30 мкс используются для высокоскоростной фотографии, световых испытаний материалов и в качестве стандартов яркости. **Люминесцирующие И. о. и.** В источниках света этого типа излучают холодные твёрдые и жидкие люминофоры и газы, возбуждаемые потоком фотонов, электронов и др. частиц или электрич. полем. Их световые характеристики и спектр излучения определяются свойствами люминофоров, а также плотностью потока и энергией возбуждающих частиц или напряжённостью электрич. поля. <Фотолюминесценция используется для преобразования спектра излучения первичного источника. В люминесцентных лампах слой люминофора (обычно галофосфат Са, активированный Sb и Мn, фосфат-ванадат Y, активированный Еu) излучает в видимой или ближней УФ-области под действием УФ-излучения разряда. Флуоресцентные резонансные лампы излучают очень узкие резонансные линии при фотовозбуждении паров металлов или газов внешним источником. <Катодолюминесценция, возникающая в газах под действием мощного пучка электронов о энергией E~105-106 эВ, используется для получения коротких вспышек излучения с t@10-9-10-6 с; при этом в инертных газах излучаются молекулярные континуумы с *М е* до 104 МВт/м 2. В газоструйном источнике непрерывного действия струя Аr при криогенных темп-pax возбуждается электронным пучком (E~2 кэВ) и излучает молекулярный континуум в области l=50-150 нм со спектральным распределением, близким к солнечному. Такие же континуумы излучения при энергии электронов в пучке E~500 эВ наблюдаются в крнокристаллах инертных газов (Ф N/1016 ф/с). Источники с атомным пучком, возбуждаемым потоком электронов, используются для получения очень узких спектральных линий с D*v* до 0,002 см -1. В источнике "пучок-фольга" при прохождении пучка ионов из ускорителя через тонкую фольгу возбуждаются спектры атомов и многозарядных ионов. Такой источник используется для определения вероятности энергетич. переходов. Катодолюминесцентными И. о. и. являются покрытые люминофорами экраны электроннолучевых трубок и электронно-оптич. преобразователей (*Lv* до 3.104 кд/м 2), возбуждаемые пучком электронов с E~10' эВ, а также низковольтные катодолюминесцентные индикаторы (E~10-30 эВ, *Lv* до 1500 кд/м 2).Электролюминесценция газов возникает в сильном электрич. поле при существенно неравновесных условиях их возбуждения, напр, в источнике с самостоятельным поперечным разрядом наносекундной длительности, излучающем в молекулярных полосах N2 при атм. давлении поток фотонов Ф N до 1024 фотон/с. На основе инжекционной *электролюминесценции* в полупроводниковых кристаллах работают светоизлучающие диоды (*Lv* до 1000 кд/м 2), изготовляемые в виде дискретных (S~10-6 см 2) а интегральных устройств, служащих осн. элементом оптоэлектроники, применяемых также для индикации и сигнализации и в качестве калибровочных источников. В электролюминесцентных индикаторных панелях (*Lv* до 300 кд/м 2) используется предпробойное свечение порошкообразных активированных кристаллофосфоров, помещаемых между обкладками конденсатора, на к-рый подаётся перем. напряжение. <Радиолюминесценция, возбуждаемая продуктами радиоактивного распада разл. изотопов, позволяет получать, напр., резонансное излучение инертных газов в радиоизотопных спектральных лампах ( *М*N до 1012 ф/с. <см 2) или видимое излучение в светосоставах постоянного действия (L*v*~0,2 кд/м 2). Световые вспышки, возникающие в сцинтилляторах под действием ионизирующих частиц, а также излучение Черенкова - Вавилова и переходное излучение используются для регистрации релятивистских заряж. частиц. <Синхротронное излучение, испускаемое электронами в синхротронах, имеет интенсивный сплошной спектр, перекрывающий весь оптич. диапазон. Оно может быть точно рассчитано, его спектральный состав и яркость (Ф N при l=10 нм до 7.1015 фотон/с. <см, Ф N при l=100 нм до 3.1014 фотон/с. <см) регулируются изменением энергии электронов; оно очень стабильно, благодаря чему используется как эталонное в вакуумной УФ-области, однако оно узко направлено по касательной к орбите электронов и частично поляризовано. Синхротрон вместо с рабочим оборудованием представляет собой сложную стендовую установку. *Лит.:* Импульсные источники света, под ред. И. С. Маршака, 2 изд., М., 1978; Рохлин Г. Н., Газоразрядные источники света, М.-Л., 1966; Литвинов В. С., Рохлин Г. Н., Тепловые источники оптического излучения, М., 1975; Зайдель А. Н., Шрейдер Е. Я., Вакуумная спектроскопия и её применение, М., 1976; Александров А. Ф., Рухадзе А. А., Физика сильноточных электроразрядных источников света, М., 1976; Цикулин М. А., Попов Е. Г., Излучательные свойства ударных волн в газах, М., 1977; Лебедева В. В., Техника оптической спектроскопии, 2 изд., М., 1986; Криксунов Л. 3., Справочник по основам инфракрасной техники, М., 1978; Либерман И., Источники некогерентного оптического излучения, в кн.: Справочник по лазерам, пер. с англ., т. 2, М., 1978, с. 58; Подмошенский И. В., Физика и техника плазменных источников света, "Тр. ГОИ им. С. И. Вавилова", 1983, т. 52, в. 186, с. 19; Справочная книга по светотехнике, под ред. К). Б. Айзенберга, М., 1983; Басов Ю. Г., Спектры коротковолнового излучения импульсных ламп (обзор), "Ж. прикл. спектроскопии", 1984, т. 40, в. 6, с. 885; Шишацкая Л. П., Источники вакуумного ультрафиолетового излучения непрерывного действия (обзор), "Оптико-мех. прoм-сть", 1984, № 9, с. 54. *С. Н. Белов.*



(Источник: «Физическая энциклопедия». В 5-ти томах. М.: «Советская энциклопедия», 1988

<http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/1163>

**05.20.02 «Электротехнологии и электрооборудование**

**в сельском хозяйстве»**

по техническим наукам.

**ВВЕДЕНИЕ**

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: теоретические основы электротехники; технологические основы электротехнологии; методы и электрооборудование электрификации сельского хозяйства.

Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии по сельскохозяйственным наукам (инженерным агропромышленным специальностям).

**1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

1.1. Линейные электрические цепи постоянного тока. Параметры, характеризующие электрические цепи. Источники Э.Д.С. и тока. Закон Ома. Электрическая энергия, мощность. Законы Кирхгофа. Преобразования электрических схем. Методы расчета электрических цепей.

1.2. Линейные электрические цепи синусоидального тока. Общие сведения. Резистор, индуктивность и емкость в цепи синусоидального тока. Анализ синусоидального тока с помощью векторных диаграмм. Мощность цепи синусоидального тока. Расчет цепей. переменного тока методом преобразований. Комплексный метод расчета. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Резонанс в электрических цепях. Электрические цепи с взаимной индуктивностью. Четырехполюсники. Схемы замещения четырехполюсников. Коэффициенты четырехполюсников.

1.3. Трехфазные цепи. Общие сведения. Симметричный режим работы трехфазной цепи. Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей. Векторные диаграммы трехфазных цепей. Пульсирующее и вращающееся магнитное поле. Метод симметричных составляющих. Расчет трехфазных цепей методом симметричных составляющих.

1.4. Переходные процессы в электрических цепях. Общие сведения. Классический метод расчета переходных процессов в неразветвленных и разветвленных цепях. Операторный метод расчета переходных процессов. Частотный метод расчета переходных процессов.

1.5. Цепи несинусоидального тока. Причина возникновения и отличия несинусоидальных токов от синусоидальных. Симметрия несинусоидальных функций. Разложение несинусоидальных функций в ряд Фурье и определение их коэффициентов. Расчет тока, напряжения и мощности в несинусоидальных цепях. Высшие гармоники.

1.6. Нелинейные электрические цепи. Общие сведения. Методы расчета нелинейных электрических цепей. Феррорезонанс напряжений и токов.

1.7. Электрические цепи с распределенными параметрами. Общие сведения. Уравнения однородной линии. Четырехполюсник однородной линии. Переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.

1.8. Электромагнитные поля. Общие сведения о магнитном поле и магнитной цепи. Энергия магнитного поля. Механические силы в магнитном поле. Основные законы и методы расчета магнитных цепей. Общие сведения об электрическом поле. Расчет емкости, напряженности и энергии электрического поля. Преобразования и методы расчета электростатических полей. Переменное магнитное поле. Уравнение электромагнитного поля. Уравнения Максвелла. Переменное электромагнитное поле в диэлектрике и проводящей среде.

**2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ**

2.1. Электротехнология как наука и область техники. Роль электротехнологии в сельском хозяйстве. Виды электротехнологий и области их использования в сельском хозяйстве. Современное состояние и тенденции развития. Энергетический баланс сельского хозяйства. Электрофизические факторы.

2.2. Физические свойства сельскохозяйственного сырья и продукции: механические, электрические, магнитные, оптические, тепловые, акустические и другие. Электрофизические воздействия на живые биологические объекты - растения, микроорганизмы, животных, птиц и т.п. Энергетическое, низкоэнергетическое и информационное воздействие электроэнергии на биологические объекты. Дозы воздействия. Энергетические взаимопревращения в живых организмах.

2.3. Технологические способы электронагрева. Прямой нагрев сопротивлением. Электроконтактный нагрев. Электродный нагрев. Косвенный электронагрев сопротивлением. Инфракрасный нагрев и области его использования. Электродуговой нагрев и области его применения. Свойства и характеристики электрической дуги. Устойчивость горения и регулирования тока дуги. Индукционный нагрев и область его применения. Индуктор и индукционные нагреватели промышленной частоты. Диэлектрический нагрев, физические основы и особенности индукционного и диэлектрического нагрева в электромагнитном поле высокой (ВЧ) и сверхвысокой (СВЧ) частоты.

Физические основы и области применения термоэлектрического нагрева и охлаждения.

Электронно-лучевой и лазерные нагревы. Физические принципы работы и области применения электронной печи и лазера. Преимущества, недостатки и области использования перечисленных электротехнологий электронагрева.

2.4. Технологические способы использования оптических излучений. Светотехника как наука и техника освещения и облучения в сельском хозяйстве. Солнечное излучение - энергетическая основа сельскохозяйственного производства. Природа оптических излучений. Взаимодействия оптических излучений с биологическими объектами. Спектральные характеристики источников и приемников оптических излучений. Основы законы светотехники. Светотехнические, энергетические величины и способы их измерения. Преимущества, недостатки и области использования ультрафиолетовых, оптических и инфракрасных облучательных установок в сельском хозяйстве.

2.5. Обработка материалов и продуктов электрическим током. Технологические свойства проявления электрического тока. Электрохимические и электрокинетические процессы. Электротермообработка грубых кормов. Электромелиорация почвы. Электростимуляция семян и развития растений. Электролиз, гальванизация, электрофорез, электросмеси.

2.6. Электроимпульсная технология и ее особенности. Параметры электрических импульсов. Принципы действия генераторов импульсов. Электроимпульсная обработка растительных материалов и уничтожение сорняков. Электрогидравлический эффект. Электрофизические методы обработки металлов. Импульсные токи в ветеринарии.

2.7. Применение электрических полей высокого напряжения. Характеристика и область использования полей постоянного и переменного напряжения промышленной частоты. Способы зарядки частиц. Коронный разряд и его характеристика. Заряженные частицы в электрическом поле, их движение. Электростатическое, электрокоронное и диэлектрическое сепарирование семян и других диэлектрических сыпучих материалов. Электроаэрозольные технологии в животноводстве и защищенном грунте. Озонные технологии в животноводстве и растениеводстве.

2.8. Применение магнитных полей. Характеристика и области использования магнитного поля в сельскохозяйственных технологиях. Магнитная очистка семян и кормов, обработка воды.

2.9. Ультразвуковые технологии. Свойства и характеристики ультразвуковых колебаний. Электрические генераторы ультразвука. Применение ультразвука в технологических процессах, ветеринарии и системах контроля.

2.10. Электромагнитные поля высокой и сверхвысокой частоты (ВЧ и СВЧ). Принципы получения ВЧ и СВЧ: Области и преимущества их использования для нагрева, сушки, стерилизации и пастеризации, стимуляции технологических процессов и развития биологических объектов. СВЧ приготовления пищи, обработка комбикормов. Использования СВЧ-установок в системах контроля точного земледелия и животноводства.

Электрофизические методы при охлаждении с/х продукции и ее хранении. Применение низкого вакуума при охлаждении и хранении с/х продукции.

**3. МЕТОДЫ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИФИКА-ЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

3.1. Преобразование электрической энергии в тепловую. Виды электронагрева. Тепловой расчет электротермического оборудования. Основные виды теплопередачи, кинетика нагрева Общее уравнение электронагрева, его анализ и электрическая модель. Расчет мощности и расхода электроэнергии. Определение основных конструктивных и энергетических параметров электрооборудования.

3.2. Электрические воздухо- и водонагреватели, котлы и паронагреватели, электроконвекторы и лучистые обогреватели. Электротермическое оборудование и регулирующие устройства для создания требуемого микроклимата в животноводстве, птицеводстве, сооружениях защищенного грунта, хранилищах, производственных и жилых помещениях. Назначения и виды бытовых электронагревательных приборов. Электропечи сопротивления, камерные, шахтные, тигельные, печи-ванны, электрокалориферы, СВЧ- печи, отопительные и сушильные установки, электросварочное оборудование. Счетчики для учета расхода воды и теплоты.

3.3. Преобразование электрической энергии в оптические излучения. Классификация электрических источников оптических и тепловых излучений. Оптические, электротехнические, энергетические и эксплуатационные характеристики источников излучения: ламп накаливания, разрядных ламп низкого и высокого давления. Осветительные установки и их характеристики. Выбор и расчет параметров ламп и их размещения.

Облучательные установки в сельскохозяйственном производстве. Принцип выбора и расчет облучательных установок видимого, инфракрасного и ультрафиолетового излучения для освещения, облучения и обогрева растений и животных, теплиц, сушки и переработки сельскохозяйственной продукции, лечения и защиты от вредителей биологических объектов.

3.4. Установки для получения электроимпульсов и электрических полей высокого напряжения. Принципы работы и характеристики генераторов электрических импульсов, электрических генераторов электростатического, коронного полей и полей высокого напряжения повышенной частоты. Электроаэрозольные, электроозонирующие и ионизирующие установки. Электрокоронные фильтры. Генерирование и использование озона в животноводстве и растениеводстве.

3.5. Электропривод технологических машин и поточных линий в животноводстве, растениеводстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Электромеханические и механические характеристики электроприводов постоянного тока и асинхронных. Способы регулирования скорости асинхронных двигателей и двигателей постоянного тока. Особенности пуска электродвигателей от источников соизмеримой мощности. Переходные процессы в электроприводе. Режимы работы электроприводов. Анализ уравнения нагрева и охлаждения электродвигателей.

3.6. Аппаратура и автоматическое управление электроприводами. Аппаратура коммутации, защиты и управления работой электропривода. Типовые схемы автоматического управления. Методика выбора типа электропривода. Растет мощности и показателей надежности электропривода.

3.7. Автоматизированный электропривод поточных линий и агрегатов в животноводстве и птицеводстве (систем поения, кормления, уборки навоза и помета, доения и первичной обработки молока, сбора, сортировки и инкубации яиц). Электрооборудование систем обеспечения оптимальных параметров микроклимата животноводческих помещений: по температуре, влажности, освещенности, газовому составу, бактериальной загрязненности. Автоматизированный электропровод стационарных процессов: послеуборочной обработки сельскохозяйственной продукции, кормов, технологических процессов в защищенном грунте, в водоснабжении и гидромелиорации.

3.8. Методы надежного энергообеспечения и электроснабжения сельскохозяйственных энергопотребителей. Источники энергии. Новые методы и технические средства использования возобновляемых источников энергии в производственных процессах и в быту.

Системы электроснабжения сельского хозяйства и их режимные показатели. Проектирование и эксплуатация электрических сетей сельскохозяйственного назначения. Методы расчете электрических нагрузок сельских потребителей. Выбор мощности трансформаторных подстанций и сечений проводов и кабелей ЛЭП 10-110 кВ и 0,38 кВ. Сетевое и автономное резервирование электроснабжения. Выбор мощности резервной электростанции. Механический расчет проводов. Расчет токов короткого замыкания и выбор высоковольтной аппаратуры. Релейная защита. Показатели качества электроэнергии, способы и средства управления ими. Показатели надежности электроснабжения, способы и средства управления ими. Методические основы технико-экономических расчетов при проектировании и эксплуатации электрических сетей сельскохозяйственного назначения.

Потери энергии в системах электроснабжения. Мероприятия, способствующие энергосбережению в сельских сетях. Коммерческий и технический учет электроэнергии у сельскохозяйственных потребителей. Применение современных математических методов и компьютерных технологий при решении задач оптимального электроснабжения сельских потребителей электроэнергии.

3.9. Эксплуатация электрооборудования. Энергетическая служба сельскохозяйственных предприятий. Система технического обслуживания и ремонта электрооборудования. Нормативы по организации, структуре и оснащению служб электротехнического сервиса. Система условных единиц. Эксплуатационная надежность электрооборудования и мероприятия по ее повышению. Методы и средства технической диагностики электроустановок.

Мероприятия по снижению интенсивности отказов и продлению срока службы электроустановок.Методы и технические средства защиты электроустановок от аварийных режимов.

Правила технической эксплуатации и техники безопасности при эксплуатации электроустановок (ПТЭ и ПТБ). Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Основные положения. Методы и технические средства обеспечения электробезопасности людей и животных от поражения электрическим током.

**Рекомендуемая основная литература:**

*Бородин И.Ф., Судник Ю.А.* Автоматизация технологических процессов. М.: Колос, 2002 г., 350 с.

*Будзко И.А., Лещинская Т.Б., Сукманов В.И.* Электроснабжение сельского хозяйства. М.: Колос, 2000 г., 536 с.

*Горбунов А.Н., Кабанов И.Д., Кравцов А.В., Редько И.Я.* Теоретические основы электротехники. Челябинск: 1998 г., 490 с.

*Ерошенко Г.П., Пястолов А.А.* Эксплуатация электрооборудования М.: Агропромиздат, 1990 г.

*Живописцев Е.Н., Косицин О.А.* Электротехнология и электрическое освещение. М.: Агропромиздат, 1990 г., 303 с.

*Козинский В.А.* Электрическое освещение и облучение. М.: Агропромизднт, 1991 г., 239 с.

Справочник инженера - электрика сельскохозяйственного производства. М.: Информагротех, 1999 г., 529 с.

*Фоменков А.П.* Электропривод сельскохозяйственных машин и поточных линий М.: Колос, 1984 г.

<http://www.phido.ru>