



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ ИМЕНИ  
ГУМАРБЕКА  
ДАУКЕЕВА**

Кафедра  
«Электроснабжение и  
возобновляемые источники  
энергии»

## **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

Конспект лекций для студентов, обучающихся по образовательной  
программе 6В08701 – «Энергообеспечение сельского хозяйства»

Алматы 2022

СОСТАВИТЕЛИ: О.Н. Ефимова, А.Ж. Сагындикова. Введение в специальность. Конспект лекций для студентов, обучающихся по образовательной программе 6В08701 – «Энергообеспечение сельского хозяйства». – Алматы: АУЭС, 2022. – 115 с.

В конспекте лекций по дисциплине «Введение в специальность» приведены основные виды электроэнергетики – ведущей области энергетики, обеспечивающей электрификацию народного хозяйства страны.

Ил. 25, библиогр. – 60 назв.

Рецензент: к.т.н., доцент каф. ЭЭС

Е.Г. Михалкова

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева» на 2022 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», 2022 г.

## Введение

Дисциплина «Введение в специальность» знакомит студентов с их будущей специальностью – энергетикой, с развитием технического прогресса в этой области. От того, насколько заинтересуется студент будущей специальностью, в значительной степени зависит его последующая студенческая и даже инженерная биография. Эта единственная за все время обучения общеэнергетическая дисциплина дает представление обо всех разделах энергетики и их взаимосвязях, энергетических системах и основных, происходящих в них процессах преобразования, передачи и потребления энергии, принципах работы и конструктивном выполнении энергетических установок, современном состоянии и перспективах развития энергетики.

Энергетика как сфера деятельности человеческого общества является большой глобальной системой, включающей как подсистемы окружающую среду и различные отрасли народного хозяйства.

Под энергетикой, или энергетической системой, следует понимать совокупность больших естественных (природных) и искусственных (созданных человеком) систем, предназначенных для получения, преобразования, распределения и использования в народном хозяйстве энергетических ресурсов всех видов. (Под энергетическими ресурсами понимаются материальные объекты, в которых сосредоточена энергия, возможная для использования ее человеком)

Электроэнергетика – ведущая область энергетики, обеспечивающая электрификацию народного хозяйства страны. В экономически развитых странах технические средства электроэнергетики объединяются в автоматизированные и централизованно управляемые электроэнергетические системы.

Энергетика является основой развития производственных сил в любом государстве. Энергетика обеспечивает бесперебойную работу промышленности, сельского хозяйства, транспорта, коммунальных хозяйств. В настоящее время без электрической энергии наша жизнь немыслима. Электроэнергетика вторглась во все сферы деятельности человека: промышленность и сельское хозяйство, науку и космос. Без электроэнергии невозможно действие современных средств связи и развитие кибернетики, вычислительной и космической техники. Так же велико значение электроэнергии в сельском хозяйстве, транспортном комплексе и в быту. Представить без электроэнергии нашу жизнь невозможно. Столь широкое распространение объясняется ее специфическими свойствами:

- возможностью превращаться практически во все другие виды энергии (тепловую, механическую, звуковую, световую и другие) с наименьшими потерями;

- способностью относительно просто передаваться на значительные расстояния в больших количествах;

- огромным скоростям протекания электромагнитных процессов;
- способности к дроблению энергии и образованию ее параметров (изменения напряжения, частоты).
- невозможностью и, соответственно, ненужностью ее складирования или накопления.

Электроэнергия была и остается главной составляющей жизни человека. Главные вопросы – сколько энергии нужно человечеству? Какой будет энергетика XXI века? Чтобы дать ответы на эти вопросы, необходимо знать основные способы получения электроэнергии, изучить проблемы и перспективы современного производства электроэнергии в Республике Казахстан.

В зависимости от вида преобразуемой энергии электростанции могут быть разделены на следующие основные типы:

- Электростанции промышленной энергетики: ГЭС, ТЭС, АЭС.
- Электростанции альтернативной энергетики: ПЭС, СЭС, ВЭС, ГеоТЭС.

Рассмотрим физические основы преобразования электроэнергии на этих видах электростанций.

**Лекция 1. Основные понятия, термины и определения.**  
**Квалификационная характеристика бакалавра сельского хозяйства по образовательной программе « 6В08701 – Энергообеспечение сельского хозяйства", " 6В08702 – Гибридные системы электроснабжения агропромышленных объектов"**

Содержание лекции:

- цель образовательной программы;
- основные термины и определения.

Цель лекции: знакомство с направлением вузовской подготовки по специальности.

**Агроинженерия:**

направление вузовской подготовки квалифицированных кадров, которые призваны решать проблемы: эффективной работы оборудования и сельскохозяйственной техники на предприятиях агропромышленного комплекса; поддержки непрерывной службы машин; монтажа, наладки и поддержания режимов работы сельскохозяйственных технологических процессов и установок с электрическим источником энергии, автоматизированных систем; ведение технической документации на вверенное оборудование.

**Цель образовательной программы:** подготовка элитных высокомотивированных кадров для инновационных и наукоемких отраслей экономики в области сельского хозяйства, обладающих теоретическими и практическими знаниями, умениями и навыками, необходимыми для их реализации в профессиональной деятельности, отвечающих потребностям отечественного и мирового рынков интеллектуального труда, готовых совершить качественный рывок в сельскохозяйственном производстве. Конечная цель образовательной программы заключается в повышении энергетической эффективности отрасли и предоставлении дополнительных возможностей потребителям за счет обмена и управления полезной информацией.

**Сфера профессиональной деятельности:**

электрифицированные и автоматизированные сельскохозяйственные технологические процессы, машины и установки; электрооборудование, энергетические установки и средства автоматики сельскохозяйственного и бытового назначения; энергосберегающие технологии и системы электро-, тепло-, водо- и газоснабжения сельскохозяйственных и бытовых потребителей, возобновляемые источники энергии и установки на их основе, экологически чистые системы канализации и утилизации отходов животноводства и растениеводства; нормативно-техническая документация.

**Виды профессиональной деятельности:** производственно-технологическая; сервисно-эксплуатационная; организационно-управленческая; монтажно-наладочная; расчетно-проектная.

**Топливо-энергетический комплекс страны (ТЭК)** охватывает генерирование, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов, относящихся к традиционной энергетике.

**Энергетические ресурсы** — это природные топливные ресурсы, к которым относятся уголь, газ, нефть, сланцы, ядерное топливо, теплота Земли и биомасса, энергия Солнца, ветра, приливов и отливов, течения рек и т. п.

**Энергетическое хозяйство** — это комплекс взаимосвязанных систем (от добычи и производства энергетических ресурсов до конечного потребления энергии), состоящих из энергетических объектов, объединенных для обеспечения потребителей всеми видами энергии. Термин «энергетика» может считаться адекватным термину «энергетическое хозяйство», если под ним понимается энергетика как совокупность производственных систем и не включается понятие энергетики естественных, в том числе биологических, систем. [1]

**Энергетический баланс** — это в узком смысле полное количественное соответствие (равенство) между суммарной произведенной энергией, с одной стороны, и суммарной потребленной энергией и потерями энергии — с другой.

**Энергоноситель** — вещество в твердом, жидком или газообразном состоянии, обладающее энергией, которая может быть превращена в используемую.

**Топливо** — горючие вещества на основе углерода, применяемые с целью получения при их сжигании тепловой энергии. По происхождению топливо делится на природное (нефть, уголь, природный газ, горючие сланцы, торф, древесина) и искусственное (кокс, моторные топлива, генераторные газы и др.), по агрегатному состоянию — на твердое, жидкое и газообразное. Основная характеристика топлива — теплота сгорания.

**Электро- и энергоснабжение** — это обеспечение всех отраслей народного хозяйства страны и отдельных потребителей электрической и тепловой энергии, вырабатываемой тепловыми, атомными и другими электростанциями страны.

**Невозобновляемые (истощаемые) источники энергии** — природные запасы вещества и материалов, которые могут быть использованы человеком для производства энергии, например: ядерное топливо, уголь, нефть, природный газ и др.

**Нетрадиционная энергетика** — это превращение и использование энергии Солнца прямыми и косвенными методами. Прямые методы использования солнечной энергии основаны на превращении энергии радиационного теплообмена в электрическую и тепловую, косвенные — позволяют использовать кинетическую и потенциальную энергию, возникающую вследствие солнечного излучения.

**Альтернативные и возобновляемые источники энергии** — энергия

Солнца, ветра, тепла Земли (например, парогидротермическая), биомассы (органические отходы в хозяйственной деятельности человека, энергетические плантации), океанов и морей (например, приливов и отливов, температурного градиента), нетрадиционные виды гидроэнергетики и др.

**Валовой потенциал ВИЭ** — среднегодовое количество, содержащееся в его конкретном виде энергии, при полном ее превращении в полезно используемую.

**Технический потенциал ВИЭ** — часть валового потенциала, преобразование которого в полезно используемую энергию возможно при данном уровне развития технических средств и при соблюдении требований по охране окружающей среды.

**Экономический потенциал ВИЭ** — часть технического потенциала, преобразование которого в полезно используемую энергию экономически целесообразно при данном уровне цен на ископаемое топливо, тепловую и электрическую энергию, оборудование, материалы и транспортные услуги, оплату труда и др. [2]

Возобновляемые виды энергии принято условно разделять на две группы.

**Традиционные ВИЭ:**

— гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии ГЭС мощностью более 30 МВт;

— энергия биомассы, используемая для получения тепла традиционными способами сжигания (дрова, торф и некоторые другие виды печного топлива);

— геотермальная энергия.

**Нетрадиционные ВИЭ:**

— энергия солнечная, ветровая, морских волн, течения, приливов океана, гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии малыми и микроГЭС;

— энергия биомассы, не используемая для получения тепла традиционными методами;

— низкопотенциальная тепловая энергия и другие «новые» виды возобновляемой энергии.

**Низкопотенциальная тепловая энергия** — энергия, содержащаяся в воздухе, а также в вентиляционных выбросах, воде, в том числе в промышленных и бытовых стоках, и в верхнем слое Земли (до 150 м).

**Энергия градиента температуры** — энергия, получаемая за счет разности температур верхних и глубинных слоев морей, океанов и др.

**Биомасса** — часть растительного и животного мира, которая в естественном или превращенном виде может быть использована для производства электрической и/или тепловой энергии, например: отходы лесозаготовки и лесопереработки, отходы растениеводства и животноводства, твердые и жидкие бытовые отходы, отходы биомассы перерабатывающей промышленности и др.

**Гидравлическая энергия** — потенциальная и кинетическая энергия воды.

**МикроГЭС** — гидроэлектростанции единичной мощностью до 100 кВт.

**Малые ГЭС** — гидроэлектростанции общей мощностью до 30 МВт.

**Геотермальная энергия** — часть тепловой энергии ядра Земли, выходящая в верхние слои ее поверхности за счет теплопроводности твердых пород, а также в виде горячей воды или парагазовой смеси.

**Солнечная энергия** — энергия солнечного излучения, приходящая на поверхность Земли.

**Ветровая энергия** — кинетическая энергия движущихся масс воздуха.

**Волновая энергия** — энергия морских волн.

**Приливная энергия** — потенциальная энергия водных масс морей и океанов, образующаяся в результате межпланетарного воздействия. [2.3]

Сельское хозяйство является интенсивно развивающейся отраслью народного хозяйства. Развитие сопровождается увеличивающимся потреблением энергии, в общем балансе которой значительную и быстро растущую долю занимает электрическая энергия. Из всех видов энергии она наиболее легко транспортируется, преобразовывается и используется. С каждым годом появляется все больше способов и технологий ее применения. Электровооруженность труда приобретает все более распространенный характер. Новые машины, механизмы и технологии, порожденные научно-техническим прогрессом, требуют для своего осуществления электроэнергию. Развитие сельской электрификации обуславливает восприимчивость сельскохозяйственного производства к достижениям научно-технического прогресса. Электроэнергия дала жизнь (или изменила их содержание) многим сельским профессиям. Отходит в прошлое профессия доярки — благодаря механизации и электрификации ее заменил оператор машинного доения. Обработка и очистка зерна сегодня просто немыслимы без электроагрегатов, а такой анахронизм, как профессия пастуха, вполне разрешим с помощью электроизгороди. Без электроэнергии немыслимы сушка, электромелиорация и многие другие виды работ.

В этих условиях решающую роль играют кадры сельских электриков, осуществляющих обслуживание, ремонт, наладку и монтаж электрических сетей и электрооборудования. [3] Их квалификация и профессионализм обуславливают нормальную работу и качество продукции практически всех систем машин в сельском хозяйстве. Фигура электрика становится одной из главных на селе.

Электричество является единственным видом энергии для электрификации птицеводства и растениеводства, электромеханизации животноводства. С его помощью осуществляются водоснабжение, кормоприготовление и раздача кормов, уборка помещений, обогрев и создание микроклимата в помещениях, сушка и переработка зерна и других сельскохозяйственных продуктов, сев и уборка, орошение и мелиорация

земель, инкубация и выращивание молодняка, содержание взрослого поголовья. Интенсивно используется электроэнергия в электротепловых установках и установках для создания микроклимата – устройства для обогрева полов помещений, водонагреватели, калориферы и кондиционеры, холодильники, компрессоры, системы вентиляции. Прогрессивные виды технологии также используют электроэнергию, где с ее помощью работают электрофильтры, в электрических полях окрашиваются различные изделия, осуществляется сепарирование и предпосевная обработка семян, проводятся опыты по электроактивации жидкостей и воды. Сушка, нагрев, дезинсекция, металлизация изделий распылением, осуществляемые с помощью токов высокой частоты и ультразвуком, немыслимы без электроэнергии, как немыслима без нее работа ремонтных и перерабатывающих предприятий, на которых установлено большое количество технологических линий и машин, станков и агрегатов, с помощью которых осуществляется переработка овощей и фруктов, молока, мяса и другой сельскохозяйственной продукции. Обрабатываются металлы, изготавливаются и ремонтируются узлы, детали, машины. Электричество прочно вошло в жизнь, и просто немыслимо его отсутствие в быту, в оборудовании предприятий бытового обслуживания и общественного питания, где с помощью электроиспользующих установок приготавливают пищу, стирают, обогревают жилища, здания и сооружения и т. д. Очевидно, не нужно пояснять, что единственным источником энергии для искусственного освещения является электричество, с помощью которого осуществляются общее, местное и другие специальные виды электроосвещения, создается искусственная световая среда и облучение (ультрафиолетовое и инфракрасное) в теплицах для повышения урожайности, в птице- и животноводческих помещениях для повышения продуктивности. Эти виды облучения используются также как бактерицидные, для дезинфекции и дезинсекции, сушки и нагрева. [4]

Значительное количество электроэнергии потребляют тепловые процессы на животноводческих фермах, птицефабриках, где электроэнергия используется для приготовления горячей воды, производства пара, тепловой обработки кормов, технологического оборудования и посуды, создания микроклимата, а также на предприятиях закрытого грунта, в теплицах, при сушке зерна, кормов и другой сельскохозяйственной продукции, для хранения сельхозпродуктов и др. К силовым стационарным относят новые процессы, основанные на новых способах применения электроэнергии и особых видов энергии, получаемой в результате преобразования электроэнергии, – УФО, ИКО и другие виды облучения животных и растений для повышения их продуктивности, электроискровую обработку почвы, электрическую и электромагнитную обработку воды, посевного материала, электронно-ионную технологию, а также привод технологического оборудования. [5]

## **Контрольные вопросы**

1. Что относится к агроинженерии?
2. Цель образовательной программы.
3. Сфера профессиональной деятельности.
4. Что такое энергетические ресурсы и энергетическое хозяйство?
5. Где применяется электричество в сельском хозяйстве?

## **Лекция 2. Теория развития электричества. Электроэнергетика**

Содержание лекции:

- преимущества электроэнергии;
- современные способы получения электрической энергии;
- возможные способы преобразования различных видов энергии в электрическую.

Цель лекции: знакомство с теорией развития электроэнергетики.

От первых опытов по электричеству до начала его широкого практического применения в 70—80-х годах XIX в. прошло более 300 лет. Первые электрические установки были постоянного тока и применялись в телеграфии, освещении, гальванотехнике и минном деле. Они использовали электрохимические источники (например, медно-цинковые батареи) и имели значительные ограничения по мощности. [6]

С разработкой электромашинных источников (генераторов) появились первые электростанции (блок-станции) для питания, в основном, электрического освещения, а также дополнительно — вентиляторов, насосов и подъемников. Генераторы этих электростанций приводились во вращение поршневыми паровыми машинами, радиус электроснабжения — до 1—1,5 км на постоянном токе. Выдержав конкуренцию с газовыми компаниями, эти станции быстро развивались (в первую очередь, в крупных городах — Париже, Нью-Йорке, Петербурге и др.).

В 90-х годах XIX в. с разработкой трехфазного синхронного генератора, трансформаторов и асинхронного двигателя начался переход на трехфазный переменный ток.

Первый опыт (1891 г.): электропередача Лауфен—Франкфурт (протяженность 170 км, напряжение 28,3 кВ, передаваемая мощность 220 кВт).

В конце XIX в. напряжение электропередач достигло 150 кВ. Электроэнергия быстрыми темпами стала завоевывать ведущие позиции в промышленности, транспорте, быту.

В настоящее время практически повсеместно используются трехфазные системы переменного тока частотой 50 и 60 Гц.

Преимущества электроэнергии:

*производство* (в основном, преобразование механической энергии в электрическую) — разнообразие используемых ресурсов

[гидроэлектростанций (ГЭС), тепловых электростанций (ТЭС), атомных электростанций (АЭС)], возможности концентрации мощностей и управления их размещением;

*передача* — возможность надежной и экономичной передачи электроэнергии на большие расстояния;

*распределение* — простота канализации электроэнергии потребителям независимо от их мощности;

*потребление* — простота и экономичность преобразования электроэнергии в другие виды энергии (механическую, тепловую, световую), а также существование ряда высокоэффективных электротехнических технологий — электролиз, гальванотехника.

*Энергия* является мерой способности объекта совершить работу. Известно много видов энергии. Например, тепловая, механическая, электрическая, упругая, излучения, химическая, ядерная, массы. Существует пять основных источников энергии в пределах планеты Земля: 1) солнечное излучение; 2) гравитационные взаимодействия (энергия притяжения Луны); 3) геотермальные процессы (тепловая энергия ядра Земли); 4) ядерные реакции; 5) химические реакции. Возникновение, существование и развитие различных форм жизни на Земле обусловлено наличием солнечного излучения.

Растительная и животная жизнь образует цикл, который начинается с солнечного света, воды и углекислого газа и заканчивается водой, углекислым газом, теплом и механической энергией животных и человека. Все машины, работающие на нефтепродуктах, угле, ветре, движущейся воде, все животные и человек, потребляющие пищу, в конечном счете, получают свое "топливо" от Солнца.

Эти примеры применения энергии можно разделить на три большие группы:

а) *энергия питания*. Она дороже других видов энергии: пшеница в перерасчете на Джоули гораздо дороже, чем уголь. Питание дает тепло для поддержания температуры тела, энергию для его движения, для осуществления умственного и физического труда;

б) *энергия в виде тепла для обогрева домов и приготовления пищи*. Она дает возможность жить в различных климатических условиях и разнообразить пищевой рацион человека;

в) *энергия для обеспечения функционирования общественного производства*. Это энергия для производства товаров и услуг, физического перемещения людей и грузов в пространстве, для поддержания работоспособности всех систем коммуникаций. Затраты этой энергии на душу населения значительно выше, чем затраты энергии на питание.

В энергетике используются в основном пять видов установок:

а) генерирующие, которые преобразуют потенциальную энергию природных энергетических ресурсов в электрическую, тепловую, механическую виды энергии;

б) преобразующие, т. е. изменяющие параметры данного вида энергии (трансформаторные подстанции, выпрямительные и инверторные электроустановки и др.);

в) установки для передачи и распределения энергии (электрические, тепловые, газовые сети, нефтепроводы, сети сжатого воздуха);

г) аккумулирующие, предназначенные для частичного регулирования режима производства энергии (электрические и тепловые аккумуляторы, насосно-аккумулирующие гидростанции и др.).

д) потребляющие, служащие для преобразования энергии к тому виду, в котором она непосредственно используется.

Электроэнергетика обладает характерными особенностями, среди которых наиболее важны следующие:

- универсальность;
- глубокое проникновение во все сферы деятельности общества и жизни человека;

- преобразующее и революционизирующее влияние энергии на процессы производства и жизни людей.

- совмещение во времени процессов производства, распределения и потребления электроэнергии при ограниченных возможностях ее аккумулирования;

- неравномерность производства и потребления электрической и тепловой энергии в течение часа, суток, недели, месяца, года;

- необходимость обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей;

- территориальное несовпадение основных центров производства и районов потребления энергии, а также источников энергетических ресурсов;

- высокая степень концентрации производства и передачи энергии с применением сложных и дорогих видов энергооборудования и сооружений.

Источники энергии подразделяются на возобновляемые и невозобновляемые (истощаемые).

Возобновляемые источники энергии – это источники на основе постоянно существующих или периодически возникающих (период возникновения менее 100 лет) в окружающей среде потоков энергии (биотопливо, энергия ветра, гидроэнергия, геотермальная и гравитационная энергия).

Невозобновляемые источники энергии – это естественно образовавшиеся и накопившиеся в недрах планеты запасы веществ, способные при определенных условиях высвободить заключенную в них энергию. Это все виды ископаемого топлива (торф, сланцы, уголь, нефть, газ), а также ядерная и химическая энергия.

Энергия невозобновляемых источников в отличие от возобновляемых находится в природе в связанном состоянии и освобождается в результате целенаправленных действий человека. Источники энергии также делят на традиционные и нетрадиционные. Традиционные источники энергии – это

источники, по технологиям переработки, которых накоплен богатый опыт и имеются специалисты (в настоящее время это газ, нефть, уголь, гидроэнергетика, ядерная энергетика).

В РК лидирующая роль отводится нефтегазовой промышленности. Это диктуется тем, что республика сегодня относится к группе государств, обладающих стратегическими запасами углеводородов, и оказывает влияние на формирование мирового рынка энергоресурсов.

По объему подтвержденных запасов нефти Казахстан занимает 12-е место в мире (без учета недостаточно точно оцененных запасов Каспийского шельфа, газа и газового конденсата — 15-е место). В целом на долю страны приходится около 3-4% разведанных и подтвержденных мировых запасов нефти.

Основным источником экономического роста республики является эксплуатация сырьевого потенциала страны. Если в Северном Казахстане развиты зерновое хозяйство, добыча железной руды и каменного угля, машиностроение, производство нефтепродуктов и ферросплавов, энергетика, в Восточном Казахстане преобладают цветная металлургия, энергетика, машиностроение и лесное хозяйство, то Западный Казахстан — это крупнейший нефтегазодобывающий регион.

Мировые геологические запасы нефти оцениваются в 200 млрд тонн. По общим разведанным запасам углеводородного сырья Казахстан выходит в первую десятку мира с разведанными извлекаемыми запасами нефти — 0,7 млрд тонн, конденсата — 0,7 млрд тонн и газа 2,5 — трлн. м<sup>3</sup>.

В зависимости от вида используемых природных источников энергии в общей выработке электроэнергии участвуют следующие типы электростанций:

а) тепловые станции (ТЭС), которые подразделяются на паротурбинные конденсационные — КЭС, паротурбинные теплофикационные — ТЭЦ, газотурбинные или парогазовые установки (ПГУ); дизельные; атомные — АЭС, геотермальные, солнечные.

б) Гидравлические электростанции (ГЭС), которые подразделяются на русловые, приплотинные, деривационные, приливные, гидроаккумулирующие.

в) Электроустановки с использованием способов прямого получения электроэнергии и нетрадиционные источники электроэнергии, в частности, магнетогидродинамические генераторы, ветроагрегаты, биоустановки, топливные элементы и др.

В последнее время существенно возрос интерес к нетрадиционным способам получения электроэнергии, в частности, к ветровым и солнечным электростанциям, однако на сегодня в мировой практике основную долю выработанной электроэнергии дают тепловые и гидравлические станции типа ТЭЦ, КЭС, АЭС, ГЭС, причем большая часть электроэнергии вырабатывается на станциях типа КЭС, ТЭЦ и Г.

*Возможные способы преобразования различных видов энергии в электрическую*

*Эксергия.* Эксергией называют то максимальное количество работы, которое можно получить от заданного количества теплоты или вещества, если параметры этой теплоты или вещества привести (путем обратимых процессов) в равновесие с окружающей средой.

В противоположность энергии она зависит не только от параметров системы, но и от параметров окружающей ее среды. Система может обладать большой энергией, но ее эксергия может быть малой или равной нулю. Например, тепловая энергия тела, имеющего даже очень высокую температуру, не может быть использована, если и окружающая среда имеет ту же температуру. Чем ниже температура среды, тем большая доля энергии тела равна его эксергии, т. е. может быть использована. Если в системе высокое давление, то ее эксергия тем больше, чем ниже давление в окружающей среде. При равенстве давлений эксергия равна нулю, независимо от энергии системы. Аналогично это относится и ко всем другим видам энергии.

*Магнитогидродинамическое преобразование энергии*

К одной из центральных физико-технических задач энергетики относится создание магнитогидродинамических генераторов (МГД-генераторов), непосредственно преобразующих тепловую энергию в электрическую. Возможности практической реализации такого рода преобразования энергии в широких промышленных масштабах появляются в связи с успехами в атомной физике, физике плазмы, металлургии и ряде других областей.

Для современной электроэнергетики большое значение имеет открытый Фарадеем закон электромагнитной индукции, который утверждает, что в проводнике, движущемся в магнитном поле, индуцируется ЭДС. При этом проводник может быть твердым, жидким или газообразным. Область науки, изучающая взаимодействие между магнитным полем и токопроводящими жидкостями или газами, называется *магнитогидродинамикой*.

*Термоэмиссионные электрические генераторы*

Из всех устройств, непосредственно преобразующих тепловую энергию в электрическую, термоэлектрические генераторы (ТЭГ) относительно небольшой мощности применяются наиболее широко.

Основные достоинства ТЭГ: 1) отсутствуют движущиеся части; 2) нет необходимости в высоких давлениях; 3) могут использоваться любые источники теплоты; 4) имеется большой ресурс работы.

В качестве источников энергии ТЭГ широко используют на космических объектах, ракетах, подводных лодках, маяках и многих других установках.

В зависимости от назначения ТЭГ могут преобразовывать в электрическую энергию теплоту, получаемую в атомных реакторах, энергию солнечной радиации, энергию органического топлива и т. д.

Принцип работы термоэлемента основан на эффекте Зеебека. В 1921 г. Зеебек сообщил об экспериментах, связанных с отклонением магнитной стрелки вблизи термоэлектрических цепей. В этих исследованиях Зеебек не рассматривал задачу получения энергии. Сущность открытого эффекта состоит в том, что в замкнутой цепи, состоящей из разнородных материалов, протекает ток при разных температурах контактов материалов.

*Радиоизотопные источники энергии.*

Естественный радиоактивный распад ядер сопровождается выделением кинетической энергии частиц и  $\gamma$ -квантов. Эта энергия поглощается средой, окружающей радиоактивный изотоп, и превращается в теплоту, которую можно использовать для получения электрической энергии термоэлектрическим способом. Установки, преобразующие энергию естественного радиоактивного распада в электрическую энергию с помощью термоэлементов, называются *радиоизотопными термогенераторами*.

Радиоизотопные термогенераторы надежны в работе, обладают большим сроком службы, компактны и успешно используются в качестве автономных источников энергии для различных установок космического и наземного назначений.

Современные радиоизотопные генераторы имеют КПД, равный 3—5%, и срок службы от 3 месяцев до 10 лет.

*Термоэмиссионные генераторы*

Термоэмиссионный генератор является устройством внешнего сгорания и может работать на всех видах топлива – газообразном, жидком, твердом, а также на тепле отходящих газов металлургических печей. Он бесшумен, обладает пониженным уровнем вредных выбросов, что характерно для машин с внешним подводом тепла. Плоские термоэмиссионные элементы располагаются в виде ширм в канале для прохода топочных горячих газов. Горячие газы, омывая поверхности термоэмиссионных элементов, отдают тепло через них. Оно расходуется на испарение электронов в элементах и образование электрического тока термоэмиссии. Термоэмиссионные элементы объединены в единую электрическую сеть. Генератор имеет КПД преобразования свыше 80%, его работа поддается полной автоматизации. Устройство управления генератором позволяет обеспечивать его работу в одном из трех режимов: постоянный ток, трехфазный переменный и однофазный переменный. Предусмотрено частотное регулирование в диапазоне изменения частоты 0-2000 гц.

*Электрохимические генераторы*

В электрохимических генераторах происходит прямое преобразование химической энергии в электрическую. Возникновение ЭДС в гальваническом элементе связано со способностью металлов посылать свои ионы в раствор в результате молекулярного взаимодействия между ионами металла и молекулами (и ионами) раствора.

К настоящему времени созданы электрохимические генераторы мощностью от десятков ватт до тысячи киловатт. Удельная энергия их зависит от вида и количества запасенного топлива в емкостях для хранения. Она значительно выше удельной энергии гальванических элементов. Наиболее разработаны кислородно-водородные генераторы, которые уже применяются на космических кораблях. Они обеспечивают космический корабль и космонавтов не только электроэнергией, но и водой, которая является продуктом реакции в топливном элементе. Удельная энергия этих генераторов составляет 400—800 Вт ч/кг, а к. п. д. 60—70%. Для некоторых условий, например, при продолжительности полета космического корабля около месяца и мощности до 10 кВт, электрохимический генератор является наиболее оптимальной энергетической установкой космического корабля.

#### **Контрольные вопросы**

1. В чем преимущества электроэнергии?
2. Какие основные виды установок используются в энергетике?
3. Какими характерными особенностями обладает электроэнергетика?
4. Какие существуют способы преобразования различных видов энергии в электрическую?

### **Лекция № 3. Производство, передача и преобразование электрической энергии**

Содержание лекции:

- технологический процесс получения электроэнергии на электрических станциях;
- передача энергии на расстояние;
- основное оборудование электрических станций и подстанций.

Цель лекции: знакомство с производством, передачей и преобразованием электрической энергии.

#### *Производство ЭЭ*

*Тепловая электростанция (ТЭС).* Топливом для ТЭС являются уголь, газ, нефть, мазут, горючие сланцы. При сгорании топлива выделяющаяся энергия идет на нагревание пара. Струя пара падает под большим давлением на турбину и вращает ее. Вал турбины соединен с ротором генератора. При вращении ротора вырабатывается электроэнергия. ТЭС бывают двух видов:

1) конденсационная электростанция (КЭС) – тепловая электростанция, производящая только электрическую энергию; своим названием этот тип электростанций обязан особенностям принципа работы. Исторически получила наименование «ГРЭС» — государственная районная электростанция; 2) теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) — разновидность тепловой электростанции, которая производит не только электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов). [11]

*Тепловые конденсационные электростанции (КЭС.)* На КЭС химическая энергия сжигаемого топлива преобразуется в котле в энергию водяного пара, приводящего во вращение турбоагрегат (паровую турбину, соединенную с генератором). Механическая энергия вращения преобразуется генератором в электрическую. Топливом служат уголь, торф, горючие сланцы, а также газ и мазут. На долю КЭС приходится до 60% выработки электроэнергии.

Основные особенности КЭС: удаленность от потребителей электроэнергии, что определяет выдачу мощности на высоких и сверхвысоких напряжениях; блочный принцип построения электростанции. Мощность КЭС обычно такова, что каждая из них может обеспечить электроэнергией крупный район страны.

*Теплофикационные электрические станции (ТЭЦ)* предназначены для централизованного снабжения промышленных предприятий и городов электроэнергией и теплом. Они отличаются от КЭС использованием тепла «отработавшего» в турбинах пара для нужд промышленного производства, а также для отопления, кондиционирования воздуха и горячего электроснабжения. На ТЭЦ производится около 25% всей вырабатываемойся электроэнергии.

Основные особенности ТЭЦ:

- специфика электрической части ТЭЦ определяется расположением электростанции вблизи центров электрических нагрузок. В этих условиях часть мощности может выдаваться в местную сеть непосредственно на генераторном напряжении. С этой целью на электростанции создается обычно генераторное распределительное устройство (ГРУ). Избыток мощности выдается, как и в случае с КЭС, в энергосистему на высоких и сверхвысоких напряжениях;

- повышенная мощность теплового оборудования по сравнению с электрической мощностью электростанции.

Все вышеперечисленное и то, что ТЭЦ размещаются в крупных промышленных центрах, повышают требования к окружающей среде. Так, для уменьшения выбросов ТЭЦ целесообразно, где это возможно, использовать в первую очередь газообразное или жидкое топливо, а также высококачественные угли. Принципиальная тепловая схема ТЭЦ отличается

от схемы КЭС только наличием цикла горячей воды для горячего водоснабжения и пара для нужд промышленных предприятий.

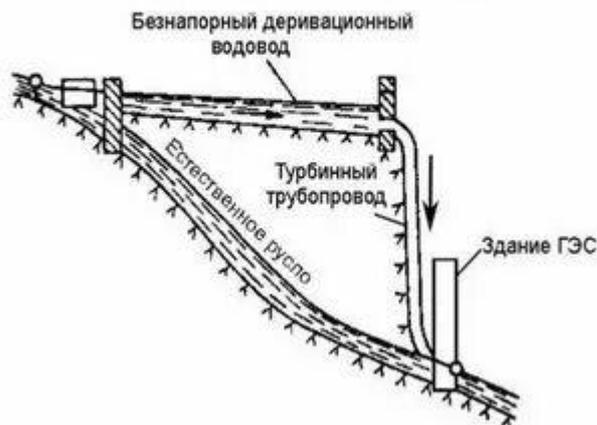
*Газотурбинные электростанции.* Основу современных газотурбинных электростанций составляют газовые турбины мощностью 25–200 МВт. Топливо (газ, дизельное горючее) подается в камеру сгорания, туда же компрессором нагнетается сжатый воздух. Горячие продукты сгорания отдают свою энергию газовой турбине, которая вращает компрессор и синхронный генератор. Запуск установки осуществляется с помощью разгонного двигателя и длится 1–2 мин, в связи с чем газотурбинные установки (ГТУ) отличаются высокой маневренностью и пригодны для покрытия и пиков нагрузки в энергосистемах.

*Дизельные и геотермальные электростанции.* Дизельные электростанции представляют собой двигатель внутреннего сгорания ДВС, с валом которого соединен синхронный генератор. Дизельные электростанции мобильны, автономны, выпускаются на мощности до сотен кВт и могут использоваться как резервные источники питания для электроснабжения труднодоступных районов и потребителей сельского хозяйства. Широко используются в качестве резервных, аварийных источников питания систем собственных нужд атомных электростанций. Геотермальные электростанции используют дешевую энергию подземных термальных источников.

*ГЭС – электростанция,* использующая в качестве источника энергию падающей воды. ГЭС обычно строят на крупных, полноводных реках, сооружая плотины и водохранилища. Вода вращает турбину, а та, в свою очередь, приводит в движение ротор генератор.

При небольших напорах строятся русловые гидроэлектростанции. При напорах более 30–35 м сооружают гидроэлектростанции приплотинного типа. В теле бетонной плотины проходят напорные трубопроводы, по которым вода поступает к гидротурбинам. На горных реках напор может быть создан путем использования значительных естественных уклонов этих рек, как это показано на рисунке 3.1. Такие станции называются деривационными.

## Деривационные гидроэлектростанции



14

Рисунок 3.1 Деривационные станции

*Атомная электростанция (АЭС).* Первая в мире АЭС была запущена в городе Обнинске Калужской области 27 июня 1954 года. В апреле 2002 года выведена из эксплуатации и в настоящее время функционирует как мемориальный комплекс. В качестве топлива на АЭС используется обогащенная руда урана. На АЭС происходят три взаимных преобразования форм энергии: ядерная энергия переходит в тепловую, тепловая – в механическую, механическая – в электрическую.

### *Передача энергии на расстояние*

Необходимость сооружения линий электропередач (ЛЭП) объясняется выработкой электроэнергии в основном на крупных электростанциях, удаленных от потребителей — относительно мелких приемников, распределенных на обширных территориях.

Электростанции размещаются с учетом совокупного влияния большого числа факторов: наличия энергоресурсов, их видов и запасов; возможности транспортировки; перспектив потребления энергии в том или ином районе и т. п. Передача электрической энергии на расстояние дает ряд преимуществ, позволяя:

- применять отдаленные источники энергии;
- уменьшать суммарную резервную мощность генераторов;
- использовать расхождение времени в разных географических широтах, при котором не совпадают максимумы расположенных в них нагрузок;
- более полно использовать мощности ГЭС;
- увеличивать надежность электроснабжения потребителей и т. д.

ЛЭП, предназначенные для распределения электроэнергии между отдельными потребителями в некотором районе и для связи энергосистем, могут выполняться как на большие, так и на малые расстояния и

предназначаться для передачи мощностей различных величин. Для дальних передач большое значение имеет пропускная способность, то есть та наибольшая мощность, которую можно передавать по ЛЭП с учетом всех ограничивающих факторов.

В последнее время большое внимание уделяется созданию новых ЛЭП с полностью измененной конструкцией, более компактных и в то же время с большой пропускной способностью. Так, «закрытые» ЛЭП выполняются в виде замкнутых конструкций, заполненных электроизолирующим газом, с расположенными внутри ЛЭП высокого напряжения (порядка 500 кВ). Опытные «закрытые» ЛЭП имеют пока худшие экономические показатели по сравнению с обычными открытыми передачами.

Для передачи электрической энергии могут использоваться сверхпроводящие линии, в которых значительно может быть понижено напряжение. Эффект, близкий к сверхпроводимости, достигается глубоким охлаждением проводников. В этом случае ЛЭП называют криогенными. Этот вопрос имеет историю. Еще в 1911 г. голландский физик Г. Камерлинг-Оннес установил, что при охлаждении ртути до температуры ниже  $4\text{ K}$  ее электрическое сопротивление исчезает вовсе. Оно скачком возникает вновь при повышении температуры сверх критического значения. Это явление назвали сверхпроводимостью. Разумеется, что если бы такие материалы получили энергетики, то они заменили бы ими обычные проводники, ЛЭП доставляли бы без потерь энергию в громадных количествах на сверхдальние расстояния. Удалось бы заметно повысить КПД мощных энергоемких устройств (электромагнитов, трансформаторов, электромашин), избежать многих трудностей, связанных с перегревом, расплавлением, разрушением деталей. [12]

Анализируя развитие энергосистем в ряде стран, можно выделить две основные тенденции:

- приближение электрических станций к центрам потребления в тех случаях, когда на территории, охватываемой объединенной энергосистемой, нет дешевых источников энергии или когда источники уже использованы;
- сооружение электростанций вблизи дешевых источников энергии и передача электроэнергии к центрам ее потребления.

Электропередачи, нефтепроводы и газопроводы образуют единую систему энергоснабжения страны. Системы электро-, нефте- и газоснабжающие должны конструироваться, сооружаться и эксплуатироваться в определенной координации между собой, образуя *единую энергетическую систему (ЕЭС)*.

*Основное оборудование электрических станций и подстанций*

*Генераторы.* Синхронные генераторы составляют основу электротехнического оборудования электростанций, т. е. практически вся электроэнергия вырабатывается синхронными генераторами. Единичная мощность современных синхронных генераторов достигает миллиона киловатт и более. В зависимости от рода первичного двигателя, которым

приводится во вращение синхронный генератор, применяются названия: паротурбинный генератор или сокращенно турбогенератор (первичный двигатель — паровая турбина), гидротурбинный генератор или сокращенно гидрогенератор (первичный двигатель — гидравлическая турбина) и дизель-генератор (первичный двигатель — дизель).

Генераторы переменного тока, работающие на электрических станциях, в большинстве случаев являются синхронными машинами. Синхронный генератор предназначен для преобразования механической энергии в энергию 3-фазного переменного тока. Синхронная машина в обычном исполнении состоит из неподвижной части — статора, в пазах которого помещается трехфазная обмотка, и вращающейся части — ротора — с электромагнитами, к обмотке которых подводится постоянный ток при помощи контактных колец и наложенных на них щеток. Ток возбуждения протекает по обмотке возбуждения, которая представляет собой последовательно соединенные катушки, помещенные на полюсы ротора. Концы обмотки возбуждения соединены с контактными кольцами, которые крепятся на валу машины. На кольцах помещаются неподвижные щетки, посредством которых в обмотку возбуждения подводится постоянный ток от постороннего источника энергии — генератора постоянного тока, называемого возбудителем.

По способу отвода тепла от обмоток статора и ротора различают косвенное и непосредственное охлаждение. При косвенном охлаждении охлаждающий газ (воздух или водород) с помощью вентиляторов, встроенных в торцы ротора, подается внутрь генератора и прогоняется через немагнитный зазор и вентиляционные каналы. При этом охлаждающий газ не соприкасается с проводниками обмоток статора и ротора и тепло, выделяемое ими, передается газу через значительный тепловой барьер — изоляцию обмоток. При непосредственном охлаждении охлаждающее вещество (газ или жидкость) соприкасается с проводниками обмоток генератора, минуя изоляцию и сталь зубцов, т. е. непосредственно. При воздушном охлаждении имеют место две системы — проточная и замкнутая.

*Трансформатор* представляет собой статическое электромагнитное устройство, предназначенное для преобразования переменного (синусоидального) тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты.

Генераторы на электростанциях вырабатывают электрическую энергию при напряжении не более 24 кВ, так как при более высоких напряжениях возникают трудности создания достаточной изоляции в электрических машинах. Передача электрической энергии на большие расстояния при таких относительно низких напряжениях экономически невыгодна из-за больших потерь в линии. Действительно, при низких напряжениях  $U$  та же мощность ( $P=UI\cos(\varphi)$ ) получается при большем токе, следовательно, увеличивается мощность потерь в проводах, т. е. необходимо увеличивать сечение проводов. Поэтому на электрических станциях устанавливаются силовые

трансформаторы, повышающие напряжение до 110, 220, 500, 750 и до 1150 кВ. У потребителей напряжение при помощи трансформаторов понижается несколькими ступенями: на районных подстанциях – до 35 (10) кВ, на подстанциях предприятий до 10 (6) кВ и, наконец, на подстанциях цехов и жилых районов — до 380/220 В. Простейший силовой трансформатор состоит из магнитопровода – сердечника, выполненного из ферромагнитного материала (листовая электротехническая сталь) и двух обмоток (катушек), расположенных на стержнях магнитопровода. Одна из обмоток присоединена к источнику переменного тока на напряжение  $U_1$ , эту обмотку называют первичной. К другой обмотке подключен потребитель – ее называют вторичной.

Трансформаторы изготавливают трехфазными и однофазными, двух- и трехобмоточными. Распространение получили трехфазные трансформаторы, так как потери в них на 12–15% ниже, а расход активных материалов и стоимость на 20–25% меньше, чем в группе трех однофазных трансформаторов такой же суммарной мощности. Группы из однофазных трансформаторов применяются только при самых больших мощностях, при напряжениях 500 кВ и выше в целях уменьшения транспортной массы. По количеству обмоток различного напряжения на каждую фазу трансформаторы разделяются на двухобмоточные и трехобмоточные.

В установках 110 кВ и выше широкое применение находят автотрансформаторы большой мощности.

Автотрансформатором называется трансформатор, в котором две или более обмотки гальванически связаны так, что они имеют общую часть. Обмотки автотрансформатора связаны электрически и магнитно, и передача энергии из первичной цепи во вторичную происходит как посредством магнитного поля, так и электрическим путем. В автотрансформаторе только часть всей энергии трансформируется, а другая часть передается непосредственно из системы одного напряжения в систему другого напряжения без трансформации. Преимущества автотрансформаторов:

1) Меньший расход меди, стали, а также изоляционных материалов, и меньшая стоимость по сравнению с трансформаторами той же мощности.

2) Меньшая масса и габариты позволяют создавать трансформаторы больших мощностей.

3) Автотрансформаторы имеют меньшие потери и больший КПД.

4) Имеют лучшие условия охлаждения.

Недостатки автотрансформаторов

1) Сложность регулирования напряжения.

2) Опасность перехода атмосферных перенапряжений с одной обмотки на другую из-за электрической связи обмоток.

### **Контрольные вопросы**

1. Каковы основные типы электростанций?

2. Каковы преимущества и недостатки ТЭЦ?

3. Каковы преимущества и недостатки ГЭС?

4. В чем принципиальное отличие АЭС от КЭС, ГЭС?
5. Почему необходимо передавать (транспортировать) электроэнергию?
6. Какое основное оборудование электрических станций вы знаете?

#### **Лекция 4. Распределение электрической энергии**

Содержание лекции:

- энергетическая система (ЭС);
- управление электроэнергетическими системами;
- Единая энергетическая система (ЕЭС) Республики Казахстан;
- электрические сети.

Цель лекции: знакомство с электроэнергетической системой РК.

Электропередачи, нефтепроводы и газопроводы образуют единую систему энергоснабжения страны. Системы электро-, нефте- и газоснабжающие должны конструироваться, сооружаться и эксплуатироваться в определенной координации между собой, образуя *единую энергетическую систему (ЕЭС)*.

*Преимущества объединения энергетических систем*

На первой стадии развития электроэнергетика представляла собой совокупность отдельных электростанций, каждая из которых через собственную сеть передавала электроэнергию к потребителям, не связанным между собой. В дальнейшем стали создаваться энергетические системы, в которых электрические станции соединялись электрическими сетями и включались на параллельную работу. Отдельные энергетические системы в свою очередь также объединялись, образуя более крупные энергетические системы. Тенденция к образованию по возможности наиболее крупных энергетических объединений проявляется практически во всех странах.

Общее стремление к объединению энергетических систем вызвано огромными преимуществами крупных систем по сравнению с отдельными станциями.

В электроэнергетическую систему входят генераторы, линии электропередачи, преобразовательные установки для изменения рода тока, электрические подстанции, предназначенные для преобразования и распределения электроэнергии. [13]

*Нагрузка электроэнергетической системы* представляет собой совокупность приемников электроэнергии (электродвигатели, электропечи, транспорт, коммунально-бытовые приемники т. п.).

Электроэнергетическая система производит, преобразует, распределяет и потребляет исключительно электрическую энергию.

Она обеспечивает объединение электростанций между собой, которые с помощью линий электропередачи связываются с потребителями электроэнергии.

Создание *объединенных энергетических систем* позволяет:

1. *Уменьшить суммарную установленную мощность электростанций.* Максимум суммарной нагрузки энергосистемы меньше, чем сумма максимумов нагрузок отдельных потребителей. Это объясняется несовпадением отдельных максимумов из-за различных условий работы потребителей.

2. *Более полно использовать гидроэнергетические ресурсы.* Расход воды в реке колеблется в больших пределах. Для надежного снабжения электроэнергией потребителей мощность ГЭС (при изолированной ее работе) нужно выбирать исходя из обеспеченного расхода воды, который приходится принимать достаточно малым. В случае больших расходов часть воды пришлось бы сбрасывать мимо турбин.

3. *Повысить экономичность выработки электроэнергии.* Вследствие неравномерности графиков нагрузок изолированные станции должны работать в течение некоторого времени с недогрузкой, то есть в неэкономичном режиме. В энергосистемах при провалах нагрузки часть станций может быть отключена, а для оставшихся можно обеспечить наиболее экономичные режимы работы. Кроме того, различные станции имеют неодинаковые экономические показатели выработки электроэнергии. Поэтому с возрастанием нагрузки в системе стремятся в первую очередь увеличить выработку электроэнергии на станциях с лучшими экономическими показателями.

4. *Увеличить единичные мощности агрегатов.* С возрастанием мощностей агрегатов улучшаются их технические характеристики и снижается удельная стоимость выработки электроэнергии.

5. *Повысить надежность электроснабжения потребителей.* [14]

Управление электроэнергетическими системами

*Состояние* электроэнергетической системы (ЭЭС) на заданный момент или отрезок времени называется *режимом*. Режим определяется составом включенных основных элементов ЭЭС и их загрузкой. Значения напряжений, мощностей и токов элементов, а также частоты, определяющие процесс производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии, называются *параметрами режима*.

Если параметры режима неизменны во времени, то *режим ЭЭС* называется *установившимся*, если изменяются — то *переходным*.

Основная задача энергосистемы — экономичное и надежное электроснабжение потребителей без перегрузок основных элементов ЭЭС и при обеспечении заданного качества электроэнергии. В этом смысле *основной режим ЭЭС* — *нормальный установившийся*. В таких режимах ЭЭС работает большую часть времени.

Наиболее опасными для ЭЭС являются *аварийные режимы*, вызванные короткими замыканиями и разрывами цепи передачи электроэнергии. Для предотвращения возникновения аварии и прекращения ее развития применяются *средства автоматического и оперативного управления*, которыми оснащаются диспетчерские центры, электростанции и подстанции.

После ликвидации аварии ЭЭС переходит в *послеаварийный установившийся режим*, который не удовлетворяет требованиям экономичности и не полностью соответствует требованиям надежности и качества электроснабжения.

Роль системообразующей сети в ЭЭС РК выполняет национальная электрическая сеть (НЭС).

Ввиду географического расположения Единая энергетическая система (ЕЭС) Республики Казахстан связана с ЕЭС России и Центральной Азии, через Кыргызстана и Узбекистана и делится на три зоны — северную, южную и западную:

- Северная зона, в которую входят Акмолинская, Восточно-Казахстанская, Карагандинская, Костанайская и Павлодарская области, энергохозяйство которых объединено общей сетью и имеет развитую связь с Россией;

- Южная зона, в которую входят Алматинская, Жамбылская, Кызылординская и Южно-Казахстанская области, объединена общей электрической сетью и имеет развитую связь с Кыргызстаном и Узбекистаном и входит в Объединенную энергосистему Центральной Азии (ОЭС ЦА). При ремонтных и аварийных режимах Южная зона работает раздельно от Северной зоны Казахстана;

- Западная зона, в которую входят Актюбинская, Атырауская, Западно-Казахстанская и Мангистауская области, энергохозяйство которых имеет электрическую связь с Россией.

- Мангистауская, Атырауская и Западно-Казахстанская области объединены общей электрической сетью, а энергохозяйство Актюбинской области, до конца 2008 года работавшая изолированно, с вводом в эксплуатацию межрегиональной линии электропередачи 500 кВ «Северный Казахстан – Актюбинская область», присоединена к ЕЭС Казахстана;

Северная зона связана с ОЭС Урала и ОЭС Сибири трехцепными транзитами 500 кВ. Северная и южная зоны связаны между собой протяженным (1500 км) двухцепным транзитом 500 кВ. Западная зона делится на две части (Актюбинскую и Уральско-Атырауско-Мангистаускую). При этом только Актюбинский энергоузел связан с ЕЭС Казахстана по одноцепной ВЛ-500 кВ Жетыгара – Ульке.

В ЕЭС Казахстана 80% электроэнергии вырабатывается угольными электростанциями, которые практически не регулируются и работают по ровному графику, то есть собственных регулирующих мощностей объективно недостаточно.

Основными проблемами энергетической отрасли Казахстана являются:

- значительная выработка паркового ресурса генерирующего оборудования;
- недостаточная эффективность диспетчерского;
- значительные колебания напряжения 220–500 кВ по транзиту Север, Юг, его низкая надежность;
- дефицит маневренной генерирующей мощности для покрытия

пиковых нагрузок – неравномерность распределения генерирующих мощностей (42% установленной мощности ЕЭС Казахстана сконцентрировано в Павлодарской области. [15]

*Электрические сети регионального уровня* обеспечивают электрические связи внутри регионов, а также передачу электрической энергии розничным потребителям. Электрические сети регионального уровня находятся на балансе и эксплуатации 19 региональных электросетевых компаний (РЭК), в том числе передачу электрической энергии осуществляют более мелкие энергопередающие организации в количестве 130 штук.

*Энергопередающие организации (ЭПО)* осуществляют на основе договоров передачу электрической энергии через собственные или используемые (аренда, лизинг, доверительное управление и иные виды пользования) электрические сети потребителям оптового и розничного рынка или энергоснабжающим организациям.

*Диспетчерское управление* — это вид оперативного подчинения, когда операции с тем или иным оборудованием ЭЭС проводятся только по распоряжению диспетчера (старшего дежурного персонала), в управлении которого это оборудование находится.

*Электрическая сеть* – это совокупность электроустановок для распределения электрической энергии. Она состоит из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередач.

*Линия электропередач (ЛЭП)* – это электроустановка, предназначенная для передачи электроэнергии.

Так как передача электроэнергии экономически выгодна только по ЛЭП высокого напряжения, то энергия, которая вырабатывается на электрических станциях (ЭС), преобразуется в энергию высокого напряжения при помощи трансформаторов ЭС. Подстанции, на которых производится эта трансформация, называются *повышающими (питающими)*. На другом конце электропередачи строится *понижительная (приемная)* подстанция. Второе название условное, т. к. понижительная подстанция может быть одновременно и питающей.

Выработка, передача и потребление электроэнергии выполняется при различных напряжениях: генерация – при напряжении до 30 кВ, передача – при напряжении 35 кВ и выше, потребление – сотни и тысячи вольт.

*Номинальным напряжением* элементов электрической сети (электроприёмники, генераторы, трансформаторы) называется то напряжение, на котором эти элементы имеют наиболее целесообразные технические и экономические характеристики.

Номинальные напряжения устанавливаются государственным стандартом (ГОСТ).

Первичные обмотки трансформаторов являются приемниками электроэнергии. Поэтому для повышающих трансформаторов их номинальные напряжения равны номинальным напряжениям генераторов;

для понижающих трансформаторов – номинальным напряжениям сети или на 5% выше. Вторичные обмотки трансформаторов питают последующую сеть. Чтобы скомпенсировать потерю напряжения в трансформаторах, их номинальные напряжения выше номинальных напряжений сети на 5–10%.

В сети до 1000 В наибольшее распространение получило напряжение 380 В. Используется для питания осветительной нагрузки внутри и вне помещений, для питания мелкомоторной нагрузки промышленных предприятий.

Напряжение 660 В применяется в заводских сетях для питания электросиловой нагрузки.

Напряжение 6 и 10 кВ используются для распределительных сетей в городской и сельской местности.

Напряжение 35 и 110 кВ имеют наибольшее распространение. Напряжение 35 кВ используют в распределительных сетях. Напряжение 110 кВ выполняет две функции:

- питает крупные центры потребления энергии, т. е. выступает в роли системообразующего. Особенно это относится к старым энергосистемам;
- питает подстанции небольшой мощности напряжением 110/10 кВ в зонах обслуживания потребителей 10 кВ, т. е. выступает в роли распределительного.

Напряжение 220 кВ применяют в энергосистемах с высшим напряжением 500 кВ при значительном росте нагрузок как наиболее перспективное по отношению к напряжению 110 кВ.

*По роду тока* различают сети переменного и постоянного тока. Основное распространение получили сети трехфазного переменного тока.

Однофазными выполняются внутриквартирные сети. Они выполняются как ответвление от трехфазной четырехпроводной сети.

Сети постоянного тока используются в промышленности (электрические печи, электролизные цеха) и для питания городского электротранспорта.

Постоянный ток используется для передачи энергии на большие расстояния. Но на постоянном токе работает только ЛЭП: в начале и конце ЛЭП строятся преобразовательные подстанции, на которых происходит преобразование переменного тока в постоянный и обратно. Использование постоянного тока обеспечивает устойчивую параллельную работу генераторов ЭС.

Постоянный ток используется для организации связи электроэнергетических систем. При этом отклонение частоты в каждой системе практически не отражается на передаваемой мощности.

По напряжению согласно ГОСТ сети делятся на сети напряжением до 1000 В и сети напряжением выше 1000 В.

В литературе встречается и такое деление:

- сети низких напряжений (220–660 В);
- сети средних напряжений (6–35 кВ);

- ти высоких напряжений (110–220 кВ);
- сети сверхвысоких напряжений (330–750 кВ);
- сети ультравысоких напряжений (более 1000 кВ).

*По конструктивному исполнению* различают воздушные и кабельные сети, проводки и токопроводы.

*Токопровод* – это установка для передачи и распределения электроэнергии, которая используется на промышленных предприятиях. Состоит из неизолированных или изолированных проводников, изоляторов, защитных оболочек и опорных конструкций.

Электропроводки предназначены для выполнения сетей в зданиях.

*По расположению* сети делятся на *наружные* и *внутренние*. Наружные выполняются неизолированными (голыми) проводами и кабелями. Внутренние выполняются изолированными проводами.

*По конфигурации* сети делятся на разомкнутые и замкнутые.

Разомкнутые сети питаются от одного источника питания и передают электроэнергию к потребителям только в одном направлении.

В замкнутых сетях электроприёмники получают, по меньшей мере, с двух сторон.

*По степени резервированности* сети делятся на нерезервированные и резервированные. Замкнутые сети всегда резервированные, потому что при отключении любой ЛЭП или любого источника питания ни один из потребителей не потеряет питание. Магистральные сети, выполненные одной цепью, являются нерезервированными, так как часть или все потребители теряют питание в зависимости от места повреждения и мест установки коммутационной аппаратуры. Магистральные сети, выполненные двумя цепями, являются резервированными.

*Системообразующие сети* – это сети напряжением 330 кВ и выше. Выполняют функцию формирования энергосистем, объединяя мощные ЭС и обеспечивая их функционирование как единого объекта управления. Эти сети характеризуются большим радиусом охвата, значительными нагрузками. Сети выполняются по сложноразомкнутым многоконтурным схемам с несколькими ИП.

*Питающие сети* предназначены для передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети и от шин 110–220 кВ ЭС к районным подстанциям. Питающие сети обычно замкнуты. Их напряжение – 110–220 кВ.

*Распределительная сеть* предназначена для передачи электроэнергии на небольшие расстояния от шин низшего напряжения районных ПС непосредственно к потребителям. Такие сети выполняют по разомкнутым схемам. Различают распределительные сети высокого напряжения (более 1000 В) и низкого напряжений (до 1000 В).

*По характеру потребителей* сети делятся на городские, промышленные и сельские.

Городские сети характеризуются высокой плотностью электрических нагрузок (до 12 МВ·А/км<sup>2</sup>) и большим количеством разнородных потребителей.

К промышленным сетям относятся сети промышленных предприятий. Эти сети делятся на сети внешнего и внутреннего электроснабжения. Напряжение зависит от близости к питающей ПС. Если она расположена вблизи предприятия, то напряжение внешнего электроснабжения – 6–10 кВ, а внутреннего – до 1000 В. Если питающая ПС расположена далеко, то напряжение внешнего электроснабжения повышается. Для промышленных сетей существует понятие “глубокого ввода”, когда высокое напряжение (220–330 кВ) заводится на территорию завода, минуя дополнительные трансформации. В этом случае в схеме внутреннего электроснабжения используется напряжение 6–35 кВ.

Сельские сети – сети напряжением 0,4–110 кВ. Они предназначены для питания небольших населенных пунктов, сельскохозяйственных предприятий. Отличаются большой протяженностью и малой плотностью нагрузки (до 15 кВ·А/км<sup>2</sup>). Сельские сети выполняются, в основном, воздушными ЛЭП по разомкнутым схемам.

*По назначению в схеме электроснабжения сети делятся на местные и районные.*

Местные сети охватывают площади радиусом до 30 км. Они имеют малую плотность нагрузки и напряжение до 35 кВ включительно. Это сельские, коммунальные и фабрично-заводские сети. К местным сетям относятся “глубокие вводы” напряжением 110 кВ.

Районные сети охватывают большие районы и имеют напряжение 110 кВ и выше. По районным сетям осуществляется передача электроэнергии от ЭС в места ее потребления. К районным сетям относятся основные сети системы, магистральные ЛЭП внутрисистемной связи и межсистемные связи.

Сети напряжением 6–35 кВ считаются сетями с малыми токами замыкания на землю (до 500 А). Работают такие сети либо с изолированной, либо с компенсированной нейтралью.

*Электрической воздушной линией* электропередачи называется устройство для передачи электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным при помощи изоляторов и арматуры к опорам или кронштейнам инженерных сооружений. Главные элементы воздушной ЛЭП:

- провода, которые служат для передачи электроэнергии;
- грозозащитные тросы для защиты от атмосферных перенапряжений (грозовых разрядов). Они монтируются в верхней части опор;
- опоры, поддерживающие провода и тросы на определенной высоте над поверхностью;
- изоляторы, изолирующие провода от тела опоры;
- арматура, при помощи которой провода закрепляются на изоляторах, а изоляторы на опоре.

*Кабельная линия электропередачи* – это линия для передачи электроэнергии, состоящая из одного или нескольких кабелей.

*Преимущества КЛЭП* по отношению к ВЛЭП: неподверженность атмосферным воздействиям; скрытность трассы и недоступность для посторонних лиц.

*Недостатки:* дороже ВЛЭП того же класса напряжения; более трудоемки в сооружении; требуют большего срока для ремонта и более квалифицированного обслуживающего персонала; передача одной и той же мощности требует провода большего сечения.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие элементы входят в состав энергетической системы?
2. Чем отличаются понятия «энергетическая система» и «электроэнергетическая система»?
3. Каковы основные особенности электроэнергетической системы?
4. Каковы номинальные напряжения электрических сетей трехфазного переменного тока?
5. Как различаются электрические сети по значению номинального напряжения?
6. Какова классификация электрических сетей по размерам территории, назначению, характеру потребителей, роду тока, конструктивному выполнению?

## **Лекция № 5. Создание и эффективное использование современных сельскохозяйственных машин**

Содержание лекции:

- особенности сельскохозяйственного производства;
- основные направления развития машин, оборудования и агрегатов для сельского хозяйства на современном этапе;
- понятие и роль механизации сельского хозяйства;
- техническое оснащение сельского хозяйства РК.

Цель лекции: знакомство с основными направлениями развития современных сельскохозяйственных машин.

Сельское хозяйство состоит из ряда отраслей, отличающихся природными факторами, технологией производства, необходимым комплексом машин, организацией труда и рабочих процессов. Каждой отрасли присуща своя система организации.

Продукция сельского хозяйства — скоропортящаяся, малотранспортабельная, поэтому требуются особые условия ее заготовки, хранения, переработки, реализации.

Сельское хозяйство не входит в систему крупных монопольных образований.

По территориальному принципу системы делятся на: системы агропромышленных комплексов (АПК) области, района и системы сельскохозяйственного предприятия.

По отраслевому принципу системы хозяйства на сельскохозяйственных предприятиях делятся на системы растениеводства, животноводства и системы обслуживающих и промышленных производств.

По факториально-технологическому принципу системы делятся на системы форм хозяйствования, системы машин, системы земледелия, системы удобрений, системы воспроизводства и т. д.

*Система растениеводства.* Технологической основой растениеводства является система земледелия, которая представляет собой комплекс взаимосвязанных агротехнических, мелиоративных и организационно-экономических мероприятий, направленных на рациональное использование земли, сохранение и повышение ее плодородия, рост урожайности сельскохозяйственных культур.

*Система животноводства.* Технологические элементы включают организацию воспроизводства стада, повышение породности, племенных качеств, совершенствование типов кормления и способов содержания животных, меры борьбы с болезнями. Интенсивное использование скота предполагает обоснование рациональных темпов воспроизводства стада, экономически выгодных сроков хозяйственного использования и норм выбраковки маточного поголовья, ликвидацию яловости, рациональный возраст животных при первом осеменении, высокий уровень продуктивности.

*Отрасли сельскохозяйственного производства.* Растениеводство, полеводство, кормопроизводство, овощеводство, садоводство и другие отрасли.

*Животноводство.* Скотоводство, свиноводство, птицеводство, овцеводство, коневодство и другие отрасли.

Каждая отрасль второго порядка в свою очередь делится на еще более мелкие отрасли (отрасли третьего порядка). Например, полеводство делится на зерновое производство, льноводство, картофелеводство и т. д. Скотоводство делится на племенное, молочное, мясо-молочное; свиноводство – на племенное товарное и т. д.

*Несельскохозяйственные отрасли.* Вспомогательные отрасли, обслуживающие сельскохозяйственное производство. Сюда относятся машинно-тракторный парк, ремонтно-механические мастерские, автотранспорт, гужевой транспорт, электроснабжение, водоснабжение и другие.

*Промышленные отрасли* по переработке молока, мяса, овощей, картофеля, производству комбикормов, витаминной муки и т. д.

*Система машин и их общая классификация.*

Система машин представляет собой совокупность машин, взаимоувязанных по технологическому процессу, технико-экономическими

параметрами и производительности, с помощью которых обеспечивается механизация всех производственных процессов. Систему машин разрабатывают с учетом основных природно-климатических природных зон страны, постоянно совершенствуют, дополняют и изменяют на основе достижений науки и техники. [19]

В отличие от промышленности в сельском хозяйстве машина вступает в непосредственный контакт с живой природой. Материалом или средой, подлежащей обработке машинами, служат растения, семена, почва, населенная разными живыми организмами и другие объекты. Вот почему при создании новых машин учитывают технологические свойства и агробиологические особенности возделываемых растений, почвенно-климатические условия и сроки работ. Для успешного применения машин важно также, чтобы растения были приспособлены для машинной технологии их возделывания. Это требование учитывают и при выведении и районировании новых сортов сельскохозяйственных культур.

*Существует множество видов сельскохозяйственных машин. Всю технику можно классифицировать в зависимости от выполняемых функций и области работы:* машины для обработки почвы перед посевом; машины для посадки растений; машины для ухода за саженцами и растениями (прополка, окучивание); устройства для полива и поддержания влажности почвы; устройства для удобрения грунта; машины для уборки урожая; техника для изготовления кормов для животных; машины для стрижки шерсти овец; косилки; комбайны; тракторы.

Сельскохозяйственные машины подразделяются:

- *по принципу действия* на: мобильные, стационарные, передвижные.

*Мобильные* — это полевые машины, рабочий процесс которых протекает во время их движения. Они обрабатывают материал, рассредоточенный по полю.

*Стационарные машины*, устанавливаемые на токах, пунктах переработки урожая или подготовки семян, обрабатывают материал, доставляемый к ним транспортными средствами.

*Передвижные машины* снабжены колесным ходом. Их перевозят с одной позиции на другую для обработки находящегося там материала.

- *По способу соединения с источником энергии* на: прицепные, навесные, полунавесные, самоходные, монтируемые.

*Прицепные машины* снабжены колесным ходом, на который они опираются как в рабочем, так и в транспортном положении.

*Полунавесные машины* в транспортном положении опираются на трактор и собственный колесный ход.

*Навесные машины* при помощи специального устройства навешиваются на трактор. Монтируемые машины не имеют единой рамы. Они состоят из отдельных сборочных единиц, которые крепят на трактор в различных местах и соединяют между собой механизмами и коммуникациями.

*Самоходные машины* включают в себя двигатель, трансмиссию, ходовую часть, кабину и рабочие органы, смонтированные на общей раме.

- *По назначению подразделяются* на: группы, виды, типы, марки.

Группы: почвообрабатывающие, приготовление и внесение удобрений, посевные и посадочные, химической защиты растений, уборочные, для послеуборочной обработки зерна.

Каждая группа делится на виды. Виды почвообрабатывающих: плуги, культиваторы, бороны, катки, фрезы, милиоративные машины.

При реализации государственной технической политики в агропромышленном комплексе (АПК) следует принимать во внимание, что для производства, переработки и хранения растениеводческой и животноводческой продукции агропромышленному комплексу Казахстана необходимо иметь более 1 200 моделей и модификаций сельскохозяйственных машин и оборудования, по каждому из них потребность исчисляется тысячами и десятками тысяч штук. Сегодня в республике насчитывается около 150 тыс. тракторов, 45 тыс. зерноуборочных комбайнов и более 300 тыс. единиц сельскохозяйственной техники и навесного оборудования. При этом, например, только 7% тракторов, 27% комбайнов, 10% сеялок и менее 1% почвообрабатывающих орудий имеют возраст до 10 лет. Ежегодный уровень обновления по тракторам составляет около 1%, комбайнам 2,2%, почвообрабатывающим орудиям 0,1%, при требуемых 5–8% с учетом приобретения высокопроизводительной сельскохозяйственной техники и внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции. Как видно, в целом состояние парка сельскохозяйственной техники неудовлетворительное и при существующих объемах приобретения новой техники его полное обновление невозможно.

К приоритетному направлению сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане следует отнести разработку и внедрение системы машин для интенсивного земледелия с применением энерго- и ресурсосберегающих технологий. Следует отметить, в стране на площади более 12 млн га внедрена нулевая и минимальная технология возделывания сельскохозяйственных культур с применением почвообрабатывающе-посевных комплексов (ППК), к сожалению импортного происхождения. И это происходит в стране, которая была одним из пионеров внедрения нулевой технологии и производства комплексов машин для этой технологии.

*Основными направлениями инновационного развития машинно-технологической модернизации сельского хозяйства на перспективу до 2025 г. являются следующие.*

1) *Главные тенденции мирового сельского хозяйства:* увеличение производства сельхозпродукции, повышение продуктивности полей и ферм; рост производительности труда с меньшими затратами; внедрение высокоточных технологий; ресурсосбережение; увеличение энергонасыщенности и энергообеспечения; повышение технического уровня, качества и надежности техники; обеспечение экологической безопасности;

создание комфортных и безопасных условий труда; широкое применение агроинформатики, электроники, интеллектуальных, автоматизированных и роботизированных систем; применение альтернативных источников энергии; использование новых технологий техобслуживания и ремонта; повышение профессионализма кадров.

2) *Развитие тракторной техники и энергетики*, осуществляемое в направлениях: выпуск тракторов мощностью от 30 до 600 л. с., насыщение рынка новыми моделями, в том числе гусеничными. Инновации в двигателях тракторов направлены на снижение токсичности выхлопных газов, повышение крутящего момента, уменьшение расхода топлива и повышение долговечности. К таким инновациям относятся системы регулируемого турбонаддува, охлаждение надувочного воздуха, частичная рециркуляция выхлопных газов, четырехклапанная система газораспределения, электронные устройства управления

Все шире применяются автоматические бесступенчатые трансмиссии, даже на моделях с низким диапазоном мощности. Практическое внедрение получили электронные системы управления подачей топлива, положением колес тракторов с независимой подвеской, гашением колебаний сидений, выравниванием кабины на склоне, переключением передач под нагрузкой, скоростными и нагрузочными режимами бесступенчатой трансмиссии, регулированием навесной системы. В новых разработках зарубежных фирм в этой области различные управляющие функции (заглубление и выглубление плуга, включение механизма блокировки дифференциала, последовательность передач переднего и заднего хода и др.) могут быть запрограммированы и выполнены простым нажатием кнопки. Связанные со спутником системы автоматического вождения тракторов облегчают работу при агрегировании трактора с широкозахватными орудиями.

3) *Основные тенденции развития конструкций машин* для основной обработки почвы: увеличение ширины захвата за счет расширения количества корпусов; создание плугов с регулируемой шириной захвата; увеличение числа типоразмеров плужных корпусов; широкое применение оборотных или поворотных плугов, в том числе модульного типа, большой гаммы комбинированных многофункциональных орудий, выполняющих за один проход несколько технологических операций. Сеялки и посевные агрегаты оснащаются компьютерным оборудованием, нагрузочными устройствами, вместительными бункерами (в некоторых случаях двумя — основным и резервным). Увеличение рабочей ширины захвата и вместимости бункеров для посевного материала привели к созданию более совершенных сцепных и навесных устройств, позволяющих составлять различные комбинации из сеялок и почвообрабатывающих машин и орудий.

4) *Машины для внесения удобрений и химических средств защиты растений*. Центробежные разбрасыватели твердых минеральных удобрений достигают ширины захвата 42 м, оснащаются современными электронными системами регулирования норм внесения удобрений и управления с

возможностью использования спутниковых навигационных систем и интернет-доступа к базам данных фирм (например, AmazonenWerke S.A.) для необходимой настройки разбрасывателей в полевых условиях. Машины для внесения органических удобрений в жидком виде развиваются в направлении повышения грузоподъемности, качества внесения, в том числе внутрипочвенного, снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Расширяется использование автоматических средств управления технологическим процессом.

5) *В роторных косилках для скашивания* растительной массы используются более совершенные режущие и плющильные аппараты и различные системы их защиты от поломок; устройства для сдваивания, страивания или широкого расстила валков, более точного копирования почвы. Увеличение ширины захвата и производительности в основном достигается путем использования комбинации из трех косильных аппаратов. Сохраняется тенденция к более широкому использованию ворошилок и валкообразователей с увеличенной шириной захвата, образующих мощный валок, что обеспечивает оптимальную загрузку прессподборщиков и кормоуборочных комбайнов. Конструкция кормоуборочных комбайнов наряду с увеличением энергонасыщенности и производительности, оптимизацией работы двигателей, созданием комфортных условий для оператора, оснащением электронными системами управления все чаще предусматривает обеспечение непрерывности технологического процесса за счет использования накопительной емкости (например, комбайн Big X Cargo фирмы Krone с бункером 60 м<sup>3</sup>).

6) *В конструкциях зерноуборочных комбайнов* сохраняются тенденции постоянного роста производительности и мощности двигателей, сокращения потерь и повреждений зерна, обеспечения устойчивости технологического процесса уборки при различных агротехнических и климатических условиях, повышения комфорта для оператора и безопасности эксплуатации. Снижается отрицательное воздействие на почву за счет уменьшения удельного давления колес машин на почву и внедрения привода на все колеса. Широко применяются современные системы управления и контроля технологических процессов на базе электронных вычислительных устройств, вплоть до спутниковых систем определения координат машины в целях подсчета убранных площадей и средней урожайности отдельных участков полей.

7) *Зерноочистительные машины* строятся по блочно-модульному типу, что улучшает условия труда и обслуживания. Используются машины как с цилиндрическими, так и с плоскими решетками. Применяются передвижные агрегаты на платформе комплексов, включающих зерноочистительную машину, протравливатель, погрузочные и разгрузочные устройства. Появились передвижные шахтные сушилки зерна производительностью до 26 т/ч.

8) *Производительность техники для уборки корнеплодов сахарной*

*свеклы*, картофеля и овощных культур повышается за счет увеличения ширины захвата и рабочей скорости, вместимости накопительных бункеров. Увеличение ширины технологической колеи позволяет значительно снизить уплотнение почвы после прохода агрегатов, обеспечивает более равномерное распределение нагрузки на ходовую систему, что повышает проходимость и маневренность машин в сложных почвенно-климатических условиях. Электронный регистратор данных с передачей информации через USB порт на персональный компьютер обеспечивает свободный доступ руководящего персонала к статистике выполненного объема работ.

9) В рамках *развития современных электронных систем точного земледелия* осуществляются: повышение совместимости бортовых компьютеров различных фирм; расширение номенклатуры и совершенствование средств автоматического управления работой отдельных сельскохозяйственных машин, электронных систем по использованию возможностей спутниковой навигации для управления отдельной машиной, группой машин и всем циклом производства сельскохозяйственной продукции; расширение использования интернета. Наибольшее распространение получили системы спутниковой навигации, регулирующие движение машинно-тракторных агрегатов в полевых условиях, и многофункциональные электронные системы управления сельскохозяйственной техникой и производством в целом. Их применение позволяет получать информацию о параметрах плодородия почвы и состоянии посевов, необходимую для принятия решений при дифференцированном внесении удобрений.

10) *Современная техника для животноводства* развивается в направлении увеличения срока службы и надежности машин, производительности и качества выполнения технологических операций, активного использования в конструкциях достижений электроники, компьютерных и информационных технологий.

11) Главным направлением повышения производительности труда при доении является снижение затрат времени на выполнение подготовительных и заключительных операций, которое обеспечивается за счет быстроты входа, позиционирования и выхода животных, использования вспомогательных устройств, автоматизации заключительных операций доения. Для этого применяются специальные манипуляторы-автосъемники.

Для снижения энергоемкости используется оборудование с непосредственным охлаждением (без промежуточного хладоносителя) в две стадии: предварительное, с использованием пластинчатых проточных охладителей высокой эффективности, и окончательное охлаждение и хранение.

Современный уровень развития кибернетических, оптических и сенсорных систем, лазерной и компьютерной техники, спутниковых навигационных систем, датчиков различного назначения и средств беспроводной связи, систем математического анализа и программного

обеспечения позволил зарубежным фирмам создать новое поколение сельскохозяйственных роботов, которые в настоящее время способны решать самые сложные задачи. [20]

Достигнут прогресс в производстве биотоплива второго поколения из любой биомассы: щепы, древесной стружки и опилок, брикетов из соломы и остатков зерновых культур, мискантуса и энергетической древесины. Транснациональные корпорации Du Pont и British Petroleum (BP) приступили к производству биобутанола, немецкая компания Choren Industries GmbH совместно со своими акционерами Royal Dutch/Shell, Daimler Chrysler и Volkswagen — к изготовлению синтетического жидкого биотоплива BTL.

### **Контрольные вопросы**

1. В чем проявляется связь экономики сельского хозяйства с другими дисциплинами и науками?
2. В чем состоят основные особенности сельскохозяйственного производства?
3. Почему земля является главным средством производства в сельском хозяйстве?
4. По какому факториально-технологическому принципу делятся системы машин.
5. Перечислите и проанализируйте основные направления инновационного развития машинно-технологической модернизации сельского хозяйства.

### **Лекция № 6. Применение тепла в сельском хозяйстве**

Содержание лекции:

- тепловой режим помещений;
- воздушный режим помещений;
- отопление, горячее водоснабжение и кондиционирование воздуха;
- виды обогрева;
- предупреждение перегрева растений в теплицах.

Цель лекции:

- знакомство с теплофизикой сельскохозяйственных сооружений.

Использование электроэнергии для получения теплоты в сельском хозяйстве постоянно расширяется. В настоящее время сельскохозяйственные предприятия могут использовать на фермах для нужд теплоснабжения и обогрева мощности до 400 кВт. Предусматривается строительство в каждом сельскохозяйственном районе по одной экспериментальной электрической котельной теплоснабжения.

Помимо животноводства такое получение теплоты может использоваться и в других отраслях сельского хозяйства, в частности: птицеводстве (инкубация, отопление, обогрев и вентиляция птичников,

подогрев воды в поилках); растениеводстве открытого и закрытого грунта (обогрев зимних и весенних парников, теплиц, стерилизация почвы и др.), и для обеспечения теплотой и горячей водой производственных мастерских и т. п.

В помещениях для содержания животных (крупного рогатого скота, свиней, овец, коз, кроликов и др.) в холодный период года должна поддерживаться определенная температура, что необходимо для повышения продуктивности животноводства.

Физиологические процессы в организме животных, как и в организме людей, в большой степени связаны с внешним теплообменом. Общий теплообмен каждого животного с окружающей средой зависит, прежде всего, от температуры воздуха. На здоровье и продуктивность животных вредно действует как слишком высокая, так и слишком низкая температура. Способность переносить холод и жару у разных видов животных и птиц неодинакова. [21]

Огромное значение для обеспечения теплового режима имеет влажность воздуха.

Высокая температура, неблагоприятно воздействуя на животных, затрудняет теплоотдачу, а это влечет за собой понижение обмена веществ и, следовательно, ухудшение продуктивности. При этом основная часть тепла отдается путем испарения, на что расходуется большое количество влаги. Когда температура воздуха приближается к температуре тела животного, то нарушается равновесие между образованием тепла и его отдачей, температура тела повышается и наступает перегрев (тепловой удар). Действие высокой температуры усугубляется при отсутствии движения воздуха и при сильной его влажности.

В летнее время, особенно в южных районах, в помещениях для животных усиливают вентиляцию; чтобы увеличить приток свежего воздуха, животных поят охлажденной водой, на пастбищах делают навесы; пасут в ночное и утреннее время, обливают водой или купают.

Существует определенная зависимость между температурой и влажностью воздуха. Чем выше температура, тем больше абсолютная влажность и меньше относительная. В животноводческих помещениях относительная влажность воздуха бывает в пределах 50–90%.

Большое значение имеет и качество подстилки. Например, сухой торф, имеющий высокую влагоемкость, уменьшает влажность воздуха на 8–12%. Для уменьшения влажности полы в проходах посыпают негашеной известью (3 кг ее могут поглотить из воздуха до 1 л влаги).

В коровниках максимально допустимая влажность 85%, в помещениях для телят, свинарниках, птичниках – 75%.

Слишком низкая влажность воздуха также нежелательна: у животных пересыхают слизистые оболочки носоглотки, начинает трескаться кожа, шерсть становится сухой и ломкой. В чрезмерно сухом воздухе увеличивается количество пыли.

Системы отопления и вентиляции зданий должны обеспечивать в зоне размещения животных и птицы заданные метеорологические условия и чистоту воздуха: температуру, относительную влажность, скорость движения и газовый состав воздуха.

Все животноводческие и птицеводческие здания должны быть оборудованы вентиляцией. Необходимость отопления (охлаждения) этих зданий, а также производительность систем отопления (охлаждения) и вентиляции следует определять расчетом в зависимости от заданных параметров внутреннего и наружного воздуха, тепло-, влаго- и газовой выделений в помещениях, тепла солнечной радиации и теплопотерь через ограждающие конструкции. Кондиционирование воздуха в помещениях для содержания животных и птицы допускается предусматривать по требованиям технологии при экономической целесообразности, если заданные метеорологические условия не могут быть обеспечены вентиляцией, в том числе вентиляцией с испарительным охлаждением воздуха.

Теплоснабжение животноводческих и птицеводческих зданий для отопления и вентиляции, горячего водоснабжения и технологических нужд следует предусматривать централизованным – от тепловых сетей ТЭЦ и котельных. При технической возможности и экономической целесообразности допускается использование других источников тепла (электронагревательных устройств, теплогенераторов и т. п.).

В качестве теплоносителя следует принимать горячую воду температурой  $150^{\circ}\text{C}$ . Применение в качестве теплоносителя пара, горячей воды температурой ниже  $150^{\circ}\text{C}$  или другого теплоносителя допускается при обосновании.

Системы горячего водоснабжения могут быть местные и централизованные.

В местных системах горячую воду готовят на месте ее потребления в газовых водонагревателях или колонках, индивидуальных нагревателях и т. д., рассчитанных на одну квартиру.

В центральных системах воду готовят в одном центре, из которого она транспортируется по трубам к потребителям.

Центральные системы горячего водоснабжения могут быть: с приготовлением горячей воды в водогрейных или паровых котлах, установленных в местных котельных; с приготовлением горячей воды в центральных тепловых пунктах (ЦТП) по закрытой схеме; с непосредственным водоразбором из тепловых сетей.

При проектировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха следует предусматривать оптимальный режим работы отопительно-вентиляционного оборудования в течение года. При этом при промежуточных значениях температур наружного воздуха от  $10^{\circ}\text{C}$  и ниже относительную влажность воздуха следует принимать равной:

- для районов со средней температурой наиболее холодной пятидневки выше минус  $15^{\circ}\text{C}$  – 85%;
- от минус  $15^{\circ}\text{C}$  до минус  $25^{\circ}\text{C}$  – 80%;
- от минус  $25^{\circ}\text{C}$  и ниже – 75 %.

При проектировании естественной вентиляции в зданиях для крупного рогатого скота, свиней, кроликов и птицы расчетную температуру наружного воздуха следует принимать  $5^{\circ}\text{C}$ , в зданиях для лошадей и овец –  $2^{\circ}\text{C}$ .

При определении тепловой мощности систем отопления и вентиляции животноводческих и птицеводческих зданий необходимо учитывать дополнительные для этих зданий теплотери на нагрев поступающих извне кормов и на испарение влаги с подстилки и смоченных поверхностей и тепловыделения от подстилки.

В помещениях для содержания животных и птицы в случаях, когда теплотери не компенсируются тепловыделениями, необходимо предусматривать воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией.

Для обогрева поросят-сосунов и молодняка птицы младших возрастов следует предусматривать системы локального обогрева.

Системы отопления теплиц должны удовлетворять следующим основным требованиям, вытекающим из особенностей микроклимата, технологического режима, ограждающих конструкций:

1) Основные теплотехнические требования: обеспечивать требуемые температуры воздуха в рабочем объеме, листьев растений, корнеобитаемого слоя почвы; локализовывать холодные потоки воздуха в пристенной зоне; обеспечивать снеготаяние на кровле.

2) Вспомогательные требования: способствовать борьбе с перегревом в весенне-летний период; не ухудшать светового режима и не снижать фотосинтеза; уменьшать инфильтрацию через наружные ограждения; создавать требуемую подвижность воздуха.

3) Требования к управляемости системой: подавать в сооружение необходимое количество теплоты в зависимости от температуры наружного воздуха, интенсивности солнечной радиации, снегопада и отсутствия снега на кровле; обладать малой инерционностью.

4) Конструктивные требования: не мешать технологическому процессу; не занимать полезную площадь.

5) Эксплуатационно-экономические требования: надежность в эксплуатации; индустриальность; экономичность в расходе металла и электроэнергии; минимальные приведенные затраты; долговечность; небольшие затраты на заработную плату обслуживающему персоналу.

Для отопления теплиц используют различные источники тепла: солнечную радиацию, основанную на "парниковом эффекте", биотопливо, газ, тратуарную плитку, уголь, электроэнергию, геотермальные воды и т. п. Говоря о техническом обогреве (водяное, газовое, электрическое отопление), нужно учитывать многие факторы: климат, биологические особенности и

сроки выращивания растений, конструкцию теплицы, теплопотери, наличие магистрального водо-, газо- и электроснабжения.

При использовании различных способов обогрева надо учитывать биологические требования культур.

Наиболее распространенным в настоящее время является водяной обогрев. При устройстве водяного отопления для обогрева различных зон следует предусматривать несколько систем:

- шатрового обогрева для обеспечения снеготаяния и поддержания требуемого температурного режима в верхней зоне;
- цокольного обогрева для локализации холодных потоков в пристенной зоне;
- контурного подпочвенного обогрева – для предотвращения промерзания почвы в пристенной зоне;
- основного подпочвенного обогрева – для создания требуемого температурного режима в корнеобитаемом слое почвы;
- надпочвенного обогрева – для обеспечения равномерности температур в надпочвенной зоне. [22]

#### **Контрольные вопросы**

1. Как производится выбор системы теплоснабжения?
2. В каких случаях в качестве теплоносителя используется пар, а в каких – горячая вода?
3. Каковы особенности потребления теплоты в сельском хозяйстве?
4. Какие источники тепла используются для отопления теплиц?

### **Лекция 7. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Принцип действия и виды основных электроприёмников.**

Содержание лекции:

- принцип действия и виды основных электроприёмников;
- графики нагрузки электроприёмников.

Цель лекции: знакомство с основными видами электроприёмников.

По технологическому назначению приемники электроэнергии классифицируют в зависимости от вида энергии, в который данный приемник преобразует электрическую энергию: электроприводы машин и механизмов; электротермические приемники; установки электростатического и электромагнитного поля; электрохимические и электролизные установки; электроосветительные установки.

*Электроприводы машин и механизмов.* Электромеханическое устройство, предназначенное для электрификации и автоматизации производственных процессов называют электрическим приводом.

Электрическую энергию электропривод преобразует в механическую и обеспечивает управление преобразованной энергией в соответствии с технологическими требованиями к режимам работы

механизма. В простейшем случае электропривод представляет собой электродвигатель, питаемый от сети и приводящий в движение с постоянной скоростью какой-либо механизм. Для включения двигателя в сеть применяют обычный магнитный пускатель, контактор, рубильник или пакетный выключатель. [23]

В зависимости от способа передачи энергии от двигателя к рабочим органам механизмов электроприводы бывают групповые, индивидуальные или многодвигательные.

*Групповым называют привод*, в котором один двигатель приводит в движение с помощью трансмиссий или передач группу рабочих машин или рабочих органов одной машины.

*Индивидуальным называют привод*, в котором двигатель приводит в движение только один рабочий орган машины. Электропривод центробежного насоса — индивидуальный. По сравнению с групповым индивидуальный привод позволяет упростить кинематическую схему рабочей машины. Иногда двигатель встраивают в механизм так, что он образует с рабочим органом единое целое.

*В многодвигательном приводе* отдельные рабочие органы машины приводятся в движение самостоятельным двигателем через систему передачи.

Совокупность связанных между собой электромагнитных, электромеханических, полупроводниковых и подобных им элементов называют системой управления приводом.

Электроприводы используют в различных устройствах: станки (металлообрабатывающие станки и т. д.), ручные электроинструменты, подъемно-транспортные устройства, компрессоры, вентиляторы насосы и т. д. Одним из главных электрифицированных потребителей является электропривод металлообрабатывающих станков.

*Электротермические приемники промышленных предприятий* в соответствии с методами нагрева делят на следующие группы: дуговые электропечи для плавки черных и цветных металлов, установки индукционного нагрева для плавки и термообработки металлов и сплавов, электронные плавильные печи, вакуумные печи и печи шлакового переплава, электрические печи сопротивления и электросварочные установки.

Электроснабжение электротермических установок имеет ряд особенностей, связанных с различием характера их нагрузок.

Дуговые электрические печи используют как сталеплавильные, рудно-термические и печи косвенного действия для плавки цветных металлов.

Индукционные плавильные печи промышленной частоты 50 Гц, повышенной частоты 500...10000 Гц и высокой частоты 105...188 Гц представляют собой трехфазную электрическую нагрузку «спокойного» режима работы, т. е. мало изменяющуюся в процессе плавки. Печи повышенной частоты питаются от вентильных преобразователей частоты, а

печи высокой частоты — от ламповых генераторов, к которым подводится переменный ток 0,4—0,69 кВ, 50 Гц. Индукционные печи имеют низкий коэффициент мощности: от 0,1 до 0,5.

Электронные плавильные печи, вакуумные печи и печи шлакового переплава применяют для выплавки металлов самой высокой чистоты и с наилучшими свойствами.

Печи сопротивления прямого и косвенного действия потребляют мощности меньше, чем дуговые сталеплавильные печи. Большая их часть имеет мощность до 2000 кВт и подключается к сети 380 В, коэффициент мощности близок к 1,0. Печи сопротивления выполняют трехфазными и однофазными. В случае однофазного исполнения, если не приняты соответствующие меры, эти печи могут быть причиной недопустимой несимметрии в системе электроснабжения.

*Электросварочные установки.* Технологически сварку делят на дуговую и контактную, по способу производства работ — на ручную и автоматическую.

Для питания сварочных агрегатов постоянного тока преимущественное распространение получают выпрямительные установки, преобразующие переменный ток трехфазной системы с напряжением 380/220 В в постоянный с напряжением 30...32 В.

*Электрохимические и электролизные установки* (электролитические ванны для электролиза воды, растворов, расплавов цветных металлов; установки электрохимических процессов в газе; ванны для гальванических покрытий: омеднения, никелирования, хромирования, оцинкования и т. п.) работают на постоянном токе, который получают от преобразовательных подстанций, выпрямляющих трехфазный переменный ток. Электролитический процесс требует постоянства выпрямленного тока, для чего необходимо регулирование напряжения. Коэффициент мощности таких установок 0,8...0,9.

*Установки электростатического и электромагнитного поля* применяют для создания направленного движения капель при выполнении, например, электроокраски, для улавливания твердых взвешенных частиц в газе с помощью электрофильтров (очистка дымовых газов), для разделения смесей жидкости и газа, различающихся по размерам в электропроводности. Питание установок электростатического поля производится от сети 0,4 кВ, но внутри установки напряжение повышается. Мощность установки составляет сотни киловатт.

*Электроосветительные установки* представляют собой однофазную электрическую нагрузку, но при правильной группировке осветительных приборов можно получить равномерную нагрузку по фазам (с несимметрией до 10%). Характер нагрузки от освещения изменяется в зависимости от времени суток, года и географического положения объекта. Частота тока общепромышленная — 50 Гц. Коэффициент мощности для ламп накаливания равен 1, для газоразрядных ламп — 0,6.

*Классификация электроприёмников.* Электроприёмники в практике электроснабжения удобно классифицировать по следующим признакам: по надежности электроснабжения; по роду тока; по напряжению; по режиму работы.

1) *По степени надежности электроснабжения электроприёмники делятся на следующие три категории:*

– *электроприёмники I категории* – электроприёмники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей (например, система вентиляции кислотного цеха, операционная), значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Приемники электроэнергии I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, и перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения от одного источника питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

- *Электроприёмники II категории* – электроприёмники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей. Приемники электроэнергии II категории обеспечивают электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Для приемников электроэнергии II категории при нарушении электроснабжения от одного источника питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

– *электроприёмники III категории* – все остальные электроприёмники, не подходящие под определения I и II категорий. Это приемники вспомогательных цехов, несерийного производства продукции и т. п. Для приемников электроэнергии III категории электроснабжение выполняют от одного источника питания при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения, не превышают 1 суток. В зависимости от категории надежности, к которой относится тот или иной электроприёмник, устанавливаются требования к системам электроснабжения.

2) *По роду тока различают следующие электроприёмники:* электроприёмники, работающие от сети промышленной частоты (50, 60 Гц) – большинство электроприёмников; электроприёмники, работающие от сети повышенной (пониженной) частоты; электроприёмники, работающие от сети постоянного тока. Установки повышенной частоты применяются, например, для нагрева диэлектриков. Повышение частоты используется также в технологиях, требующих высоких скоростей вращения ( $n = 20000$  об/мин;  $f =$

133–400 МГц). Пониженная частота используется в металлургии. Постоянный ток используется в транспорте, для электролиза и др.

3) По напряжению электроприёмники классифицируются следующим образом: до 1 кВ и выше 1 кВ – переменный ток; до 1,5 кВ и выше 1,5 кВ – постоянный ток. Номинальное напряжение электроприёмника определяет величину его мощности. Мощные электрические двигатели используются для привода насосных, компрессорных агрегатов. При выборе типа электрического двигателя большое значение имеет мощность и напряжение: при напряжении до 1 кВ и мощности до 100 кВт экономичнее использовать асинхронные двигатели; свыше 100 кВт – синхронные двигатели; при напряжении 6 кВ и мощности до 300 кВт – асинхронные двигатели; при напряжении 6 кВ и мощности больше 300 кВт – синхронные двигатели. В настоящее время на практике чаще всего используются асинхронные электродвигатели.

4) По режиму работы в соответствии с ГОСТ 183–74 электроприёмники классифицируются на 8 режимов. Но для решения практических задач по определению электрических нагрузок, как правило, используют 3 следующих характерных режима работы электроприёмников: продолжительный режим работы электроприёмника соответствует номинальной неизменной нагрузке, продолжающейся столь долго, что температура  $t$  его частей достигает установившихся значений:

- установившейся температурой считается температура, изменение которой в течение 1 ч не превышает  $1^{\circ}\text{C}$ ;

- кратковременный режим работы электроприёмника характеризуется тем, что он работает при номинальной мощности в течение времени, за которое его температура не успевает достичь установившейся. При отключении электроприёмник длительно не работает, и его температура снижается до температуры окружающей среды;

- повторно-кратковременный режим работы электроприёмника – режим, при котором кратковременные рабочие периоды номинальной нагрузки чередуются с паузами. Продолжительность рабочих периодов и пауз не настолько велика, чтобы перегревы отдельных частей электроприёмника при неизменной температуре окружающей среды могли достигнуть установившихся значений. При повторно-кратковременном режиме работы электроприёмник можно сильнее нагружать, чем при продолжительном номинальном режиме.

*Классификация потребителей электрической энергии.* Потребители электрической энергии классифицируются: по суммарной установленной мощности электроприёмников; по принадлежности к отрасли промышленности; по тарифной группе; по категории энергетической службы.

1) По суммарной установленной мощности (Руст) электроприёмников различают следующие потребители электроэнергии: малые,  $\text{Руст} < 5 \text{ МВт}$ ; средние,  $5 \text{ МВт} \leq \text{Руст} \leq 75 \text{ МВт}$ ; крупные,  $\text{Руст} > 75 \text{ МВт}$ .

2) По принадлежности к отрасли промышленности потребители электроэнергии бывают металлургические, химические, нефтехимические, легкой промышленности, машиностроения, горнорудные.

3) По тарифной группе различают 2 группы потребителей электроэнергии, отличающиеся условиями выбора компенсирующих устройств, а также условиями расчетов за электроэнергию: I тарифная группа – потребители, установленная (присоединенная) мощность трансформаторов которых  $S_{Tr} \geq 750$  кВ·А. Выбор компенсирующих устройств осуществляется при проектировании (реконструкции) одновременно с выбором всех элементов системы электроснабжения. При этом потребители данной группы рассчитываются электроэнергию по двухставочному либо многоставочному тарифам; II тарифная группа – присоединенная мощность трансформаторов которых  $S_{Tr} \leq 750$  кВ·А. Мощность компенсирующих устройств таких потребителей устанавливается энергоснабжающей организацией. Оплата за электроэнергию, как правило, осуществляется по одноставочному тарифу.

4) О масштабах и сложностях энергетического хозяйства потребителей можно судить по суммарной годовой трудоемкости ремонтов и обслуживания электрооборудования. Чем выше эта трудоемкость (чел · ч), тем сложнее энергетическое хозяйство.

*Характеристики электроприёмников.* Основными характеристиками электроприёмников являются: номинальная мощность  $P_n$  ( $S_n$ ,  $Q_n$ ); номинальное напряжение  $U_n$ ; номинальный коэффициент мощности  $\cos \varphi_n$ ; номинальный КПД  $\eta_n$ ; номинальная продолжительность включения ПВ<sub>n</sub>; номинальная частота  $f_n$ ; номинальный ток  $I_n$ .

*Графики нагрузки электроприёмников.* Свойства электроприёмников, включенных в сеть, обуславливают характер нагрузки и ее технико-экономические показатели, оказывают непосредственное влияние на качество электроэнергии. Например, электроприёмники, создающие неравномерные по фазам нагрузки, вызывают несимметрию тока и напряжения. Или электроприёмники с резкопеременной толчковой нагрузкой создают в сетях колебания напряжения. Это вызывает мигание ламп, отказ от работы электронной аппаратуры, ухудшение работы электродвигателей.

Для нормальной работы сетей, улучшения их технико-экономических показателей принимаются различные технические меры. Например, раздельное питание силовых и осветительных электроприёмников.

Таким образом, особенности работы электроприёмников должны учитываться при проектировании, анализе режимов, в эксплуатации сетей.

Потребление электроэнергии зависит от назначения электроприёмника, режима его работы, времени работы и многих других факторов. Процесс потребления электроэнергии во времени отражается графиками нагрузки.

По виду фиксируемого параметра различают графики активной, реактивной, полной (кажущейся) мощности и тока электроприёмника.

Графики отражают изменение нагрузки за определенный период времени. По этому признаку их подразделяют на

суточные  
(24 ч), сезонные и годовые.

Фактический график нагрузки электроприёмника может быть получен с помощью регистрирующих приборов, которые фиксируют изменение соответствующего параметра во времени. Очертания суточных графиков нагрузки одного и того же электроприёмника меняются в зависимости от того, рассматриваются рабочие сутки или выходные дни, от времени года. На его очертание влияет и множество случайных факторов. Поэтому одним суточным графиком нагрузки нельзя охарактеризовать работу электроприёмника.

Для удобства расчетов реально снятый график заменяют ступенчатым. Обычно для каждого потребителя дается несколько суточных графиков, которые характеризуют его работу в разное время года и в разные дни недели. Это графики зимних и летних суток для рабочих дней, график выходного дня. Основным является зимний график рабочего дня. Его максимальная нагрузка принимается за 100%, а ординаты всех остальных графиков задаются в процентах именно от этого значения.

По графикам однотипных предприятий получают типовые графики нагрузки, которые приводятся в справочной литературе.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Что называют приемником и потребителем электроэнергии?
2. Классификация электроприёмников.
3. Основные условия электроснабжения приемников I категории.
4. Назовите режимы работы электроприёмников. Что такое ПВ?
5. Классификация потребителей электрической энергии.
6. Основные характеристики электроприёмников.

### **Лекция № 8. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Электрическое освещение**

Содержание лекции:

- общие определения;
- светильники и лампы для систем освещения.

Цель лекции: знакомство с основными видами электрического освещения.

*Светотехника* – область науки и техники, предметом которой являются исследования принципов и разработки способов генерирования, пространственного перераспределения и измерения характеристик оптического излучения, а также преобразование его энергии в другие виды энергии и использование в различных целях. Светотехника включает в себя:

- конструктивную и технологическую разработку источников излучения и систем управления ими;

- осветительные, облучательные и светосигнальные приборы;
- нормирование и проектирование, монтаж и эксплуатацию светотехнических установок. [25]

По современным научным представлениям свет – это электромагнитное излучение с определенными параметрами. Электромагнитных излучений как природного, так и искусственного происхождения существует множество: радиотелевизионные сигналы, рентгеновские и космические лучи, свет и многое другое. Общим для всех электромагнитных излучений является скорость их распространения в вакууме, равная 300 000 000 метров в секунду.

Электромагнитные излучения характеризуются частотой колебаний (обычно обозначается буквой  $\nu$ ), показывающей число полных циклов колебаний в секунду, или длиной волны (обозначается  $\lambda$ ), то есть расстоянием, на которое распространяется излучение за время одного колебания (иначе: за «один период колебаний»), и скоростью распространения излучений (обозначается буквой  $c$ ).

*Излучение* — перенос энергии от излучающего тела к поглощающему. Понятие излучения можно определить как материю формы, имеющую массу покоя, равную нулю, и движущуюся в пространстве с постоянной скоростью.

*Энергия излучения* — количественная мера движения материи, представляет собой одну из качественных разновидностей энергии. Свойства электромагнитных излучений от  $\gamma$ -излучений до диапазона радиоволн существенно различны и определяются в значительной мере энергией фотонов.

Излучения с длинами волн в диапазоне от 1,0 нм до 1,0 мм выделены из общего спектра электромагнитных излучений и названы оптическим излучением. Они объединены общим названием «оптическое излучение», потому что принципы возбуждения оптического излучения, его распространение в пространстве и преобразования в другие виды энергии общие. В данный диапазон входят инфракрасное, видимое и ультрафиолетовое излучения. [26]

*Оптическое излучение* – электромагнитное излучение с длиной волны от 100 до 10000 нм. Электромагнитные излучения характеризуются частотой колебаний, показывающей число полных циклов колебаний в секунду, или длиной волны, т. е. расстоянием, на которое распространяется излучение за время одного колебания.

Длина волны излучения – это расстояние, которое проходит излучение за время полного периода колебания.

Излучения оптического диапазона спектра электромагнитных колебаний в зависимости от длины волны  $\lambda$  делят на:

- ультрафиолетовое (бактерицидное, эритемное, загар);
- видимое (воспринимаемые человеческим глазом цвета радуги);
- инфракрасное (нагрев, сушка).

Спектральное распределение электромагнитного УФ излучения подразделяют на следующие зоны:

- длинноволновая зона А (от 315 до 380 нм) – UVA;
- средневолновая зона В (от 280 до 315 нм) – UVB;
- коротковолновая зона С (от 100 до 280 нм) – UVC.

*Длинноволновое УФ* – излучение зоны А обладает крайне низкой фотобиологической активностью, но способно вызывать видимое свечение некоторых веществ. Поэтому его используют для люминесцентного анализа химического состава различных веществ и биологического состояния продуктов питания.

*Средневолновое УФ* – излучение зоны В оказывает благоприятное действие на живые организмы, вызывает эритему и загар, способствует лучшему усвоению витамина D, обладает мощным антираhitным действием. Для большинства растений УФ-излучение зоны В неблагоприятно.

*Коротковолновое УФ* – излучение зоны С обладает бактерицидным действием. Поэтому его применяют для обеззараживания продуктов питания, воды, воздуха, для дезинфекции и стерилизации различного инвентаря и посуды.

Ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 100 нм интенсивно поглощается воздухом земной атмосферы и не достигает поверхности Земли.

*Инфракрасное излучение (ИК)* – это электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между красным концом видимого света (780 нм) и микроволновым излучением (1–2 мм).

Инфракрасное излучение было открыто в 1800 году английским астрономом У. Гершелем. [27]

Инфракрасное излучение также, в зависимости от длины волны, подразделяют на три зоны:

- коротковолновую А (от 780 до 1400 нм);
- средневолновую В (от 1400 до 3000 нм);
- длинноволновую С (от 3000 нм до 1 мм).

Инфракрасное излучение практически не поглощается воздухом и большую часть энергии своих фотонов расходует на образование теплоты в поверхностном слое тела нагрева.

К природным источникам инфракрасного излучения относятся: излучение Солнца, действующие вулканы, термальные воды, процессы тепломассопереноса в атмосфере, лесные пожары, все нагретые тела.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся *световой поток, сила света, освещенность и яркость*. Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели, как *фон, контраст объекта различения с фоном, коэффициент пульсации освещенности* и др.

В зависимости от природы источников световой энергии различают естественное, искусственное и совмещенное освещение.

*Естественное освещение* создается прямыми солнечными лучами и

рассеянным светом небосвода. Конструктивно оно подразделяется на *боковое* (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; *верхнее* – через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания; *комбинированное* – сочетание верхнего и бокового.

Непостоянство естественного света вызывает необходимость характеризовать естественное освещение с помощью коэффициента естественной освещенности (КЕО)  $e$ , %.

*Искусственное освещение* создается электрическими источниками света и по характеру выполняемых задач подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное и дежурное.

*Рабочее освещение* предназначено для обеспечения нормируемых осветительных условий (освещенность, качество освещения) в помещениях и местах производства работ вне зданий. Оно может быть общим или комбинированным. *При общем освещении* светильники размещаются равномерно в верхней зоне помещения. *При комбинированном освещении* общее освещение дополняется *местным* (настольные и подвесные лампы, бра и т. п.), с помощью которого обеспечивается большая концентрация светового потока непосредственно в зоне выполнения работ. Применение лишь одного местного освещения недопустимо, так как большая неравномерность излучаемого светового потока является причиной частой переадаптации и переутомления органов зрения.

*Аварийное освещение* предназначено на случай внезапного отключения рабочего освещения в помещениях, в которых работа не должна прекращаться. Минимальная освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении должна составлять 5% нормируемой освещенности рабочего освещения, но не менее 2 лк.

*Эвакуационное освещение* служит для безопасного выхода из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Оно должно быть автономным и создавать освещенность на полу не менее 0,5 лк.

*Охранное освещение* устраивают вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

*Дежурное освещение* — это освещение в нерабочее время.

*Совмещенное освещение* — это освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Для оценки количественных и качественных параметров света разработана специальная система световых величин. К количественным параметрам относятся световой поток  $\Phi$ , сила света  $I$ , освещенность  $E$ , яркость поверхности  $L$  и коэффициент отражения  $\rho$ . Качественные показатели характеризуют условия зрительной работы. Это такие понятия, как фон, величина контраста объекта с фоном  $K$ , видимость  $V$ , показатель ослепленности  $P$ .

*Световой поток.* Световой поток  $\Phi$  – количество излучаемой энергии, протекающей через единицу площади за единицу времени. Световой поток –

это часть лучистого потока, которая воспринимается зрением человека как свет и характеризует мощность источника света.

Единица измерения светового потока – люмен (лм).

*Сила света  $I$*  – пространственная плотность светового потока. Определяется как отношение светового потока, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла, к величине этого угла.

Измеряется в канделах (кд). Сила света, излучаемая свечой, примерно равна одной канделе.

*Освещенность  $E$*  – физическая величина, характеризующая освещение поверхности, создаваемое световым потоком, падающим на поверхность.

Единица измерения освещенности – люкс (лк).

*Яркость  $L$*  – это отношение силы света, излучаемой этой поверхностью, к площади ее проекции.

Единица яркости – кандела на квадратный метр (кд/м<sup>2</sup>). [28]

*Светильники и лампы для систем освещения.* Номенклатура выпускаемых промышленностью светильников обширна и классифицируется по различным критериям. В зависимости от места установки осветительная арматура бывает внутренней или наружной.

Главное различие между этими видами светильников заключается в классе защиты, нормируемом системой IP (International Protection Marking). По способу крепления различают потолочные, встроенные, настенные осветительные приборы.

Основной частью светильника является светоизлучающий элемент. Рассмотрим виды ламп освещения, применяемые в осветительной арматуре различного назначения.

*Лампы накаливания.* Используют эффект светового излучения твердого тела, нагреваемого протекающим по нему электрическим током. Излучающим телом лампы накаливания является тонкая нить из токопроводящего сплава, имеющего большое электрическое сопротивление. Лампочки накаливания относятся к традиционным источникам света, они были изобретены еще в XIX веке.

Недостатком этих приборов является низкая энергоэффективность. Почти вся энергия, подводимая к лампе накаливания, преобразуется в тепло, и лишь незначительная ее часть трансформируется в световое излучение.

*Газоразрядные источники света.* Такой прибор представляет собой стеклянную колбу, заполненную специальным газом. Световое излучение происходит при возникновении электрического разряда в газовой среде. Газоразрядные источники света до сих пор используются в осветительной арматуре уличных и внутрицеховых промышленных осветительных систем.

В зависимости от состава газа, которым заполнена колба, газоразрядные источники света уличной осветительной системы делятся на:

- ртутные (ДРЛ);
- натриевые (ДНАТ).

Ртутные лампы имеют холодное белое свечение, воспринимаемое на глаз как неестественное. Натриевые приборы обладают желтоватым спектром, приближенным к излучению ламп накаливания.

Ртутные источники света, кроме наружного освещения, используются в светильниках, внутри жилых помещений, офисов, производственных цехов. Газоразрядные лампы экономичней источников света с нитью накала, однако и они не лишены недостатков. Главным минусом ртутных источников является их потенциальная опасность, обусловленная содержанием в них токсичных паров ртути.

Это обстоятельство предъявляет особые требования к хранению, использованию, утилизации этих приборов.

*Светодиодные источники света.* Основаны на свойстве некоторых полупроводниковых переходов генерировать световое излучение при прохождении через него электрического тока. Данные типы ламп освещения относятся к наиболее энергоэффективным, превосходя газоразрядные приборы по этому показателю в несколько раз. Широко используются во всех видах освещения.

Необходимо предпочтение отдавать разрядным источникам света как наиболее экономичным, имеющим световую отдачу более 50 лм/Вт, и в связи с этим обеспечивающим минимальное потребление электроэнергии. [29]

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое светотехника?
2. Какие требования предъявляют к производственному освещению?
3. Как и по какому показателю нормируют естественное освещение?
4. На какие виды подразделяют искусственное освещение?
5. Какие достоинства и недостатки имеют лампы накаливания?

## **Лекция 9. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Электроснабжение промпредприятий и сельского хозяйства**

Содержание лекции:

- система электроснабжения промпредприятия;
- электроснабжение сельского хозяйства.

Цель лекции: знакомство с основами электроснабжения.

Система электроснабжения промпредприятия является подсистемой энергосистемы, обеспечивающей комплексное электроснабжение промышленных, транспортных, коммунальных и сельскохозяйственных потребителей данного района. В то же время система электроснабжения промпредприятия является подсистемой технологической системы производства данного предприятия, которая предъявляет определенные требования к электроснабжению. [30]

К промышленным предприятиям относят заводы (в том числе опытные заводы научно-исследовательских институтов), комбинаты, фабрики, шахты, карьеры, производственные и ремонтные базы, типографии, предприятия железнодорожного, водного, воздушного, трубопроводного и городского транспорта, ремонтно-механические заводы и др.

Системы электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий создаются для обеспечения питания электроэнергией промышленных приемников электрической энергии, к которым относятся электродвигатели различных машин и механизмов, электрические печи, электролизные установки, аппараты и машины для электрической сварки, осветительные установки и другие промышленные приемники электроэнергии.

В настоящее время большинство потребителей получает электрическую энергию от энергосистем, которые объединяют с помощью линий электропередач источники электроэнергии – электрические станции.

Преобразование энергии по напряжению на предприятиях производят на трансформаторных подстанциях, которые называют главными понизительными подстанциями (ГПП) и цеховыми трансформаторными подстанциями (ТП).

Система электроснабжения (СЭС) – совокупность электроустановок, предназначенных для обеспечения потребителей электроэнергией.

Централизованное электроснабжение – электроснабжение потребителей электроэнергии (ЭП) от энергосистемы.

Электрическая сеть – совокупность электроустановок для передачи и распределения электроэнергии, состоящая из подстанций (п/ст) и распределительных устройств (РУ), токопроводов, воздушных и кабельных линий электропередачи, работающих на определенной территории.

Приемник электроэнергии (электроприёмник, ЭП) – аппарат, агрегат и др., предназначенный для преобразования электроэнергии в другой вид энергии.

Потребитель электроэнергии – ЭП или группа ЭП, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории.

Независимый источник питания – источник, на котором сохраняется напряжение в послеаварийном режиме в регламентированных пределах при исчезновении его на другом или других источниках питания.

*Электроснабжение предприятий разделяют на внешнее и на внутреннее.*

Под внешним электроснабжением понимают комплекс сооружений, обеспечивающих передачу электроэнергии от выбранной точки присоединения к энергосистеме до приемных подстанций предприятия. Внешнее электроснабжение, как правило, осуществляют на более высоких напряжениях, чем внутреннее (35, 110 кВ и более), так как это многократно экономит металл, используемый в проводах ЛЭП и уменьшает потери электроэнергии при передаче на большие расстояния, и осуществляют в основном воздушными линиями.

Для электроснабжения промышленных предприятий применяют радиальные, магистральные, кольцевые и смешанные схемы. [31]

*Радиальная схема* — это схема, в которой линия электропередачи соединяет подстанцию верхнего уровня с подстанцией нижнего уровня (или устройством распределения электроэнергии, приемником электроэнергии) без промежуточных отборов мощности (рисунок 9.1). Радиальные схемы просты, надежны, в большинстве случаев позволяют использовать упрощенные схемы первичной коммутации подстанции нижнего уровня. Аварийное отключение радиальной линии не отражается на потребителях электроэнергии, подключенных к другим линиям. К недостаткам радиальных схем можно отнести более высокую стоимость по сравнению с магистральными схемами, больший расход коммутационной аппаратуры и цветных металлов. Радиальные схемы следует применять: при сосредоточенных нагрузках; для питания мощных электроприёмников с нелинейными, резко переменными, ударными нагрузками, отрицательно влияющими на качество электрической энергии; при повышенных требованиях к надежности электроснабжения

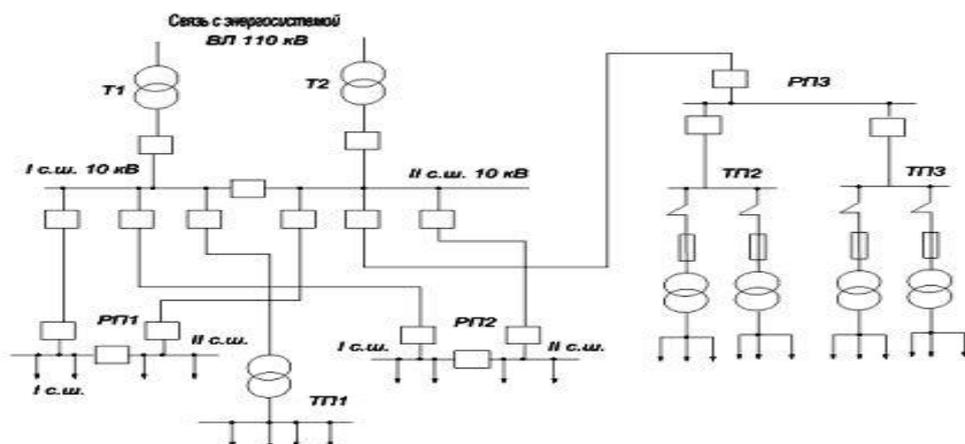


Рисунок 9.1 – Радиальная схема электроснабжения

*При магистральной схеме* от подстанции верхнего уровня питаются по одной линии электропередачи (магистральной) несколько подстанций нижнего уровня (или устройств распределения электроэнергии). Преимущества магистральных схем состоят в том, что они позволяют лучше загрузить магистральные линии по току, сэкономить количество коммутационной аппаратуры, уменьшить расход цветных металлов и затрат на выполнение электрической схемы. К недостаткам можно отнести усложнение схем первичной коммутации подстанций нижнего уровня, более сложные схемы релейной защиты, более низкую надежность электроснабжения. Магистральные схемы распределения электроэнергии следует применять при распределенных нагрузках и при таком взаимном расположении подстанций (ПГВ, РП, ТП) на территории проектируемого объекта, когда магистрали

могут быть проложены без значительных обратных направлений (рисунок 9.2).

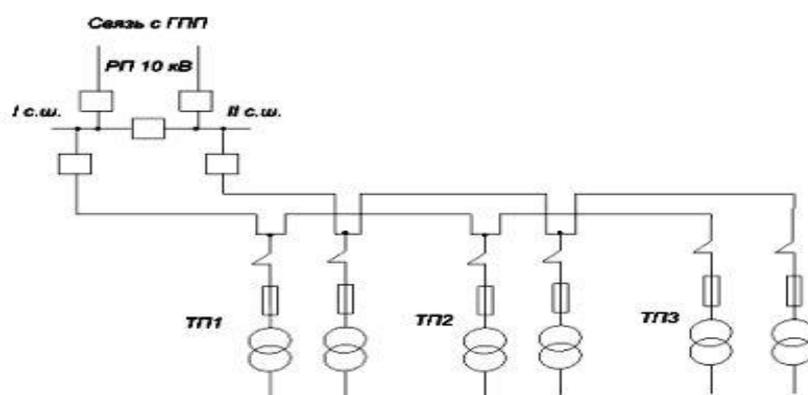


Рисунок 9.2 – Магистральная схема электроснабжения

*Под внутренним электроснабжением* понимают комплекс сетей и подстанций, расположенных, как правило, на территории предприятия и в его цехах. Внутреннее электроснабжение предприятия от ГПП до цеховых ТП осуществляют на высоком напряжении 6...10 кВ, которое затем на ТП понижается до низкого напряжения 380/220 В, на которое рассчитано большинство электроприёмников.

Внутризаводские питающие сети напряжением 6...10 кВ от ГПП до РП 6...10 кВ выполняют радиальными кабельными линиями или мощными магистральными токопроводами различных конструкций. Внутриплощадочные РП 6...10 кВ конструируют двухсекционными с одной системой сборных шин. К РП подключается распределительная кабельная сеть 6...10 кВ цеховых ТП 6...10/0,4...0,66 кВ и высоковольтных электродвигателей. [33]

*Сельские СЭС* относятся к сетям общего назначения, поскольку к ним присоединено большое количество разнородных потребителей, не связанных между собой общей технологией производства. В сельской местности преобладают относительно маломощные потребители, прекращение электроснабжения которых не приводит к большому экономическому ущербу. По надежности в основном это потребители II и III категорий. В последнее время появилось много крупных потребителей, к которым относятся животноводческие и птицеводческие комплексы с технологией производства на промышленной основе. Так, мощность свинооткормочного комплекса на 54 тыс. голов составляет примерно 5 МВт, что соответствует мощности среднего машиностроительного завода. Отключение такого потребителя может привести к нарушению процесса сельскохозяйственного производства. Для сельскохозяйственных потребителей характерна неравномерность их расположения на местности. Как правило, основная масса нагрузок концентрируется по населенным пунктам, которые могут находиться на большом расстоянии от центра питания. Кроме того, для

сельскохозяйственных потребителей характерна большая неравномерность суточных и сезонных графиков электропотребления.

СЭС сельскохозяйственных потребителей в основном состоят из трех структурно-иерархических уровней: сети 35 кВ – 110 кВ, распределительные сети 10 (реже 6 и 20 кВ) и сети 0,38 кВ. Сети 35 кВ – 110 кВ строятся следующим образом. От узловой подстанции со вторичным напряжением 35 кВ – 110 кВ отходят линии, к которым присоединяются понизительные подстанции, расположенные в одном из центров сельскохозяйственных нагрузок. Подстанции присоединяются к линии либо через автоматические КА (выключатели) либо глухими отпайками. Линии 35 кВ – 110 кВ, как правило, подключены на два ИП и работают в разомкнутом режиме (рисунок 9.3). [34]

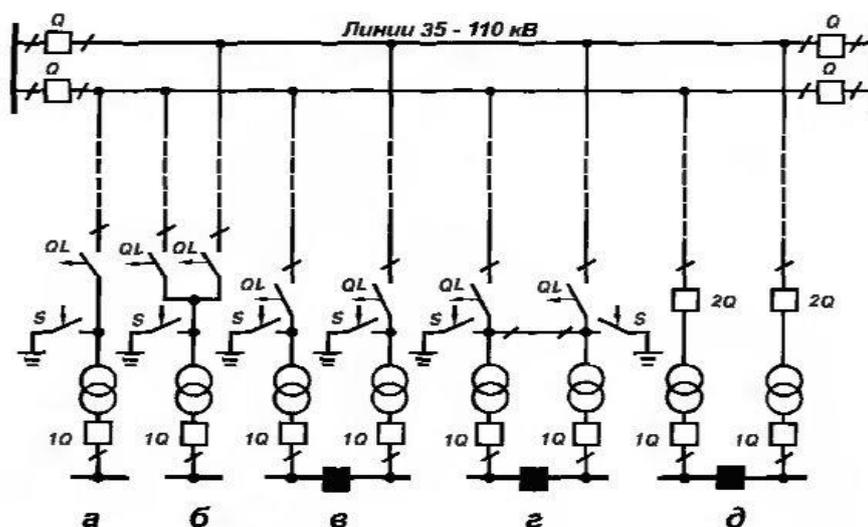


Рисунок 9.3 – Варианты схем подстанций с трансформаторами, присоединяемыми к ответвлениям от линий

Понизительные подстанции 35кВ – 110 кВ сооружаются одно- и двухтрансформаторными с одной и двумя секциями шин 10 кВ. Две секции шин 10 кВ объединяются секционными выключателями.

Подстанции 35кВ – 110 кВ размещаются, как правило, в местах сосредоточения наиболее крупных нагрузок и по возможности ближе к центру зоны охвата потребителей. В зависимости от назначения подстанции можно разделить на два вида: районные и местного значения. В зависимости от положения в электрической сети, схемы питания различают два основных типа подстанций — тупиковые и проходные. Тупиковой (см. рисунок 9.4, а) называют подстанцию, расположенную в конце питающей линии или отпайки от нее; проходной (см. рисунок 9.4, б) — подстанцию, которая находится на трассе линии и через которую может осуществляться питание одной или нескольких подстанций. Проходные подстанции включаются в рассечку питающей линии по схеме вход — выход.

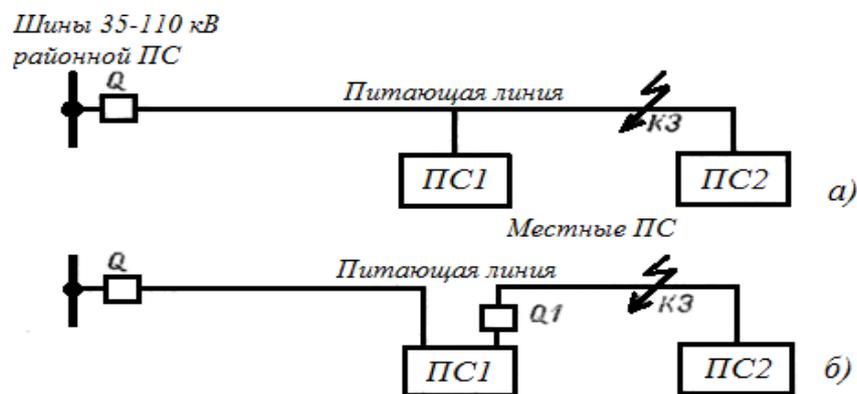


Рисунок 9.4 – Питание подстанции по тупиковой схеме

*Выбор сечения проводов ВЛ напряжением 35 кВ – 110 кВ.* В правилах устройства электроустановок рекомендуется выбор сечения провода из различных металлов производить по экономической плотности тока.

В последние годы по экономической плотности тока сечения проводов воздушных линий с номинальным напряжением 35 кВ и выше не выбираются. В практике проектирования применяют выбор сечения проводов для ВЛ 35–750 кВ по экономическим интервалам токов или мощностей.

Сети 10 кВ в сельской местности представляют собой сложные разветвленные линии, к которым на глухих ответвлениях подключены ТП 10/0,4 кВ. Линии 10 кВ резервируются от соседних подстанций или шин своей же подстанции. В сельских сетях применяется полное и частичное резервирование. От понизительной подстанции отходят четыре-пять линий 10 кВ, к которым подключаются 10–15 ТП 10/0,4 кВ. Наиболее часто применяются комплектные потребительские трансформаторные подстанции 10/0,4 кВ – КТП. В центрах нагрузок – на хозяйственных дворах, у ферм – устанавливают закрытые ТП проходного типа, имеющие более высокую надежность, чем КТП. Такая ТП одновременно является секционирующим или резервирующим пунктом. Наиболее часто используют трансформаторы 10/0,4 кВ мощностью 63...250 кВА.

В сетях 10 кВ выделяется главное направление от шин одной подстанции 35(110)/10 кВ до шин другой – магистраль. На магистрали устанавливаются устройства автоматического регулирования и секционирования, причем резервирование осуществляется только от одной подстанции.

Распределительные пункты (РП) целесообразно располагать в узлах нагрузки, где в перспективе намечается строительство новой подстанции 35(110)/10 кВ. В ОПТ и РП размещаются устройства автоматического секционирования и резервирования, аппаратура автоматики, телемеханики, приборы определения расстояний до места повреждения, что в целом повышает надежность электрической сети. [35]

В электрических сетях сельскохозяйственного назначения повсеместно применяется, как правило, напряжение 380 В по четырехпроводной системе с глухозаземленной нейтралью.

*Внутриплощадочные сети 0,38 кВ.* Внутриплощадочные сети 0,38 кВ служат для передачи и распределения электроэнергии от подстанции 6–10/0,38 кВ к объектам или отдельным токоприемникам до их вводных распределительных устройств. Такими объектами могут быть отдельно стоящие или входящие в состав животноводческого комплекса фермы, водозаборные узлы, цехи по приготовлению кормов, другие объекты производственного назначения, населенные пункты и жилые поселки, а также объекты социально-культурного назначения. В зависимости от характера потребителя, его нагрузки, требований к надежности электроснабжения и количества находящихся на данной площади подстанций 6–10/0,38 кВ создается внутриплощадочная электрическая сеть 0,38 кВ. Сеть может быть простой, образованной, например, двумя линиями 0,38 кВ, отходящими от мачтовой или комплектной ТП, питающими в тупиковом режиме населенный пункт и небольшую молочно-товарную ферму (МТФ) в отдельности. [36]

*Воздушные линии напряжением 380/220 В.* Электрической воздушной линией называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и закрепленным на опорах при помощи арматуры и изоляторов. Провод, соединенный с фазным выводом трансформатора (генератора), называется фазным. Нулевым называется провод, соединенный с глухозаземленным выводом средней точки обмотки трехфазного трансформатора. Провод, питающий светильники уличного освещения при централизованном управлении ими с распределительного устройства ТП или другого пункта, называется фонарным.

В сельской местности на ВЛ принят следующий порядок расположения проводов на опорах: нижним проводом является нулевой провод, выше его располагается фонарный провод и далее по высоте размещаются фазные провода. Ниже нулевого провода допускается монтировать провода радиотрансляции.

Для снабжения небольших объектов (животноводческих ферм, тракторных бригад) часто достаточно трехфазных понижающих трансформаторов мощностью от 25 до 63 кВА. Более крупные объекты сельскохозяйственного производства, такие как тепличные, птицеводческие комплексы, цеха по производству растительного масла, переработке молочной продукции, уже нуждаются в подстанциях большой мощности. Для этих целей удобней использовать комплектные трансформаторные подстанции (КТП). Комплектная трансформаторная подстанция сельского и мачтового типа (см. рисунок 9.6).



Рисунок 9.6 – Комплектная трансформаторная подстанция сельского типа

Подстанция КТПС/КТПСу и КТПМ тупикового типа предназначена для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Hz, сельских электрических сетей. [37]

#### **Контрольные вопросы**

1. Что называется электрической сетью?
2. Что такое электрическая сеть объекта электроснабжения?
3. Что относится к системам электроснабжения объектов сельского хозяйства?
4. Что такое радиальная схема электроснабжения?
5. Что такое магистральная схема электроснабжения?

#### **Лекция № 10. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Релейная защита**

Содержание лекции:

- назначение релейной защиты;
- развитие техники релейной защиты за 100 лет;

Цель лекции: знакомство с этапами развития техники релейной защиты и ее задач, анализ причин системных аварий.

История развития РЗА. В 1888 г. выдающийся русский электротехник М.О. Доливо-Добровольский, которому принадлежит много работ и изобретений в разных областях электротехники, изобрел систему трехфазного тока. Вскоре под его руководством впервые в мире была осуществлена передача электрической энергии токами достаточно высокого напряжения (15 кВ) на большое расстояние. На гидроэлектростанции около города Лауфена (Германия) был смонтирован трехфазный генератор 300 л.с.,

повысительный трансформатор, а также линия электропередач напряжением 15 кВ/ для междуфазной передачи, понизительный трансформатор и приемник – в виде трехфазного двигателя. Налицо были все основные элементы современных систем электроснабжения. В их числе были смонтированы и устройства защиты трехфазной линии электропередачи. [38]

История первого срабатывания первого защитного устройства трехфазной системы такова. Еще при проектировании линии электропередачи общественность высказала опасение относительно безопасности линии при каких либо ее повреждениях. Поэтому вместо предложенного М.О. Доливо-Добровольским напряжения 28-30 кВ было дано добро только на напряжение 15 кВ. Несмотря на это, после окончания строительства власти городов, вблизи которых проходила эта линия, запретили ее включение, потребовав дополнительных доказательств ее безопасности. И тогда автор пошел на рискованный эксперимент. После подачи напряжения, в месте пересечения этой линии с железной дорогой был искусственно оборван провод.

Сразу после касания рельса проводом М.О. Доливо-Добровольский подошел к нему и на глазах многочисленных официальных представителей коснулся его голой рукой. Можно с нынешних позиций техники безопасности осуждать действия Доливо-Добровольского, но нельзя не восхищаться его смелостью и уверенностью в том, что защита, сконструированная им, отключит поврежденную линию! Трудно представить более наглядную демонстрацию необходимости защитных устройств и эффективности их действия.

По мере развития трехфазных систем электроснабжения в XX веке стала развиваться и техника релейной защиты, на первом этапе основанная на принципе реагирования на увеличение тока, протекающего через защищаемый элемент. Почти сразу встал вопрос о том, как отличить токи, определяемые нагрузкой, от токов, которые определяются повреждением элементов электроснабжения. Другими словами, возникла необходимость рассчитать ток короткого замыкания. Работая над системой трехфазного переменного тока, Доливо-Добровольский начал использовать векторные диаграммы для изображения трехфазных токов и напряжений. В 1893 году на международном электротехническом конгрессе американский электротехник Ч.П. Штейнмец показал возможность использования комплексных чисел для описания электрических величин переменного тока. Все эти достижения готовили базу для расчета токов короткого замыкания и сопротивлений.

К 1909 году была разработана теория протекания тока в земле, что оказалось важным для анализа несимметричных коротких замыканий. В 1930 году, американский ученый Фортестьяк предложил несимметричную и нескомпенсированную систему векторов представлять в виде геометрической суммы двух симметричных и скомпенсированных векторов и одной нескомпенсированной системы одинаково направленных векторов. Применительно к трехфазным несимметричным электрическим цепям эти

идеи развили Вагнер и Эванс, а применительно к расчету токов короткого замыкания – Вагнер и Щедрин. Этот метод впоследствии был назван методом симметричных составляющих (название не совсем точное, поскольку третья система векторов не является симметричной). Первые две системы векторов были названы составляющими прямой и обратной последовательности, а третья – составляющей нулевой последовательности. Техника релейной защиты совершенствовалась с развитием энергосистемы и ростом уровня напряжений линий электропередач.

Первые энергосистемы – МОГЭС в Москве и “Электроток” в Ленинграде – были образованы в 1921 году. В 1922 году вошла в эксплуатацию первая линия 110 кВ Кашира – Москва. В 1932 году введена в эксплуатацию первая ВЛ 154 кВ (это напряжение в дальнейшем имело ограниченное применение). В 1933 году была построена первая линия 220 кВ Нижнесвирская ГЭС – Ленинград. Первая межсистемная связь 220 кВ Днепр – Донбасс была сооружена в 1940 году. В 1959–1968г.г. вводятся в эксплуатацию линии электропередач 330–500. Внедрение напряжения 750 кВ началось в эксплуатацию в 1967 г. опытно-промышленной электропередачи Конаковская ГРЭС – Москва. В области релейной защиты особенно сложными были вопросы осуществления полноценных защит электропередач напряжением 400–500 кВ в начале 50-х годов. Многие из передач 400–500 кВ, имея большую длину и работая с небольшими запасами устойчивости, предъявляли к релейной защите ряд жестких требований, особенно в части быстроты действия, чувствительности и неподверженности воздействиям весьма интенсивных переходных процессов, появляющихся при КЗ, включениях и отключениях таких передач. В 1984–1988г.г. впервые включены линии электропередач напряжением 1150 кВ. Начато освоение устройств релейной защиты и автоматики этих линий. [39]

Новым направлением, зародившемся в конце 50-х годов, было производство панелей РЗА. Толчком к этому послужил запрет правительства США отгрузки панелей защит, закупленных у фирмы «Весстингауз». Чтобы не допустить срыва пуска высоковольтных линий электропередачи, Чебоксарский электроаппаратный завод освоил производство необходимых панелей.

В заключение исторического обзора о развитии релейной защиты и автоматики приведем выдержку из современного учебника по релейной защите господина Элмора (США 1994 г.), в котором автор столь проникновенно пишет о релейной защите, что трудно оставить этот текст без внимания: «Релейная защита – постоянно изменяющаяся и расширяющаяся наука, что восхищает даже тех, кто глубоко и всеобъемлюще вовлечен в эту науку, и в первую очередь, автора этой книги». Не случайно релейщиков называют "белой костью и голубой кровью энергетики", т. е. причисляют к аристократическому сословию. Это потому, что в релейных службах задерживаются только хорошо теоретически подготовленные инженеры,

способные творчески относиться к сложнейшим задачам, от правильного решения которых зависит успешная деятельность энергетических систем.

## *2 Назначение релейной защиты и автоматики*

При эксплуатации энергетического оборудования и электрических сетей неизбежны их повреждения и ненормальные режимы. Наиболее опасными являются короткие замыкания, повреждения изоляции и перегрузки.

Короткие замыкания возникают из-за пробоя или перекрытия изоляции, обрывов проводов, ошибочных действий персонала (включения под напряжение заземленного оборудования, отключения разъединителей под нагрузкой) и других причин.

В большинстве случаев в месте КЗ возникает электрическая дуга, термическое действие которой приводит к разрушениям токоведущих частей, изоляторов и электрических аппаратов. При КЗ к месту повреждения подходят большие токи (токи КЗ), измеряемые тысячами ампер, которые перегревают неповрежденные токоведущие части и могут вызвать дополнительные повреждения, т. е. развитие аварии. Одновременно в сети, электрически связанной с местом повреждения, происходит глубокое понижение напряжения, что может привести к остановке электродвигателей и нарушению параллельной работы генераторов.

В большинстве случаев развитие аварий может быть предотвращено быстрым отключением поврежденного участка электрической установки или сети при помощи специальных автоматических устройств, действующих на отключение выключателей, и получивших название «релейная защита».

При отключении выключателей поврежденного элемента гаснет электрическая дуга в месте КЗ, прекращается прохождение тока КЗ и восстанавливается нормальное напряжение на неповрежденной части электрической установки или сети. Благодаря этому минимизируются или даже совсем предотвращаются повреждения оборудования, на котором возникло КЗ, а также восстанавливается нормальная работа неповрежденного оборудования.

Таким образом, основным назначением релейной защиты является выявление места возникновения КЗ и быстрое автоматическое отключение выключателей поврежденного оборудования или участка сети от остальной неповрежденной части электрической установки или сети.

Кроме повреждений электрического оборудования могут возникать такие нарушения нормальных режимов работы, как перегрузка, замыкание на землю одной фазы в сети с изолированной нейтралью, выделение газа в результате разложения масла в трансформаторе или понижение уровня масла в его расширителе и др.

В указанных случаях нет необходимости немедленного отключения оборудования, так как эти явления не представляют непосредственной опасности для оборудования и могут самоустраниться. Поэтому при нарушении нормального режима работы на подстанциях с постоянным

обслуживающим персоналом, как правило, достаточно дать предупредительный сигнал персоналу подстанции. На подстанциях без постоянного обслуживающего персонала и в отдельных случаях на подстанциях с постоянным обслуживающим персоналом производится отключение оборудования, но обязательно с выдержкой времени.

Таким образом, вторым назначением релейной защиты является выявление нарушений нормальных режимов работы оборудования, которые могут привести к аварии, и подача предупредительных сигналов обслуживающему персоналу или отключение оборудования с выдержкой времени. Устройства РЗА должны быть постоянно включены. Устройства аварийной и предупредительной сигнализации должны быть всегда готовы к действию.

Свое название релейная защита получила от названия основного элемента схем защиты – реле. Историки утверждают, что реле впервые было разработано и построено русским ученым П.Л. Шиллингом в 1830–1832 гг. Это реле составляло основную часть вызывного устройства в разработанном им телеграфе. Первенство оспаривает известный физик Генри (его именем названа единица индуктивности), который сконструировал реле в 1835 году. В 1837 году аппарат получил применение в телеграфии, в связи с чем и получил название «реле», что в переводе с французского означало «перекладные лошади». В отрасли релейной защиты термином реле обычно обозначают автоматически действующее устройство, производящее скачкообразное изменение (так называемое релейное действие) в управляющей системе при заданном изменении контролируемых параметров. Так, например, реле максимального тока при увеличении тока в контролируемой цепи (куда включена токовая обмотка этого реле) до заданного значения, называемого током срабатывания, замыкает своими контактами управляемую цепь.

В настоящее время мы переживаем настоящую техническую революцию, связанную с приходом нового поколения устройств РЗА – микроэлектронной и микропроцессорной техники.

*Классификация реле защиты.* По способу подключения реле бывают: первичные (прямое включение в цепь защищаемого элемента); вторичные (включение через измерительные трансформаторы тока, напряжения). По исполнению реле бывают: электромеханические, с подвижными элементами и контактными системами; статические, без подвижных элементов и контактов (электронные, микропроцессорные). По назначению реле подразделяются на: измерительные реле (тока, напряжения, сопротивления, мощности, частоты, температуры, уровня) могут быть максимального или минимального действия; логические реле (промежуточные, двухпозиционные, времени, указательные (сигнальные)). Для измерительных реле характерно наличие опорных (образцовых) элементов в виде калиброванных пружин, источников стабильного напряжения, тока и т. п. Они входят в состав реле и воспроизводят заранее установленные значения,

называемые уставкой, какой-либо физической величины, с которой сравнивается контролируемая величина. Термин «уставка» предложен инженером Л.С. Бобровским (Свирьстрой, Ленинград) в 1929 г. взамен имеющего несколько значений термина «установка». Максимальные реле срабатывают при повышении контролируемого параметра, а минимальные – при понижении. Логические реле (промежуточные реле) служат для размножения импульсов, полученных от других реле, усиления этих импульсов и передачи команд другим аппаратам, создания выдержек времени между отдельными операциями (реле времени) и для регистрации действия как самих реле, так и других вторичных аппаратов (указательные реле). По способу воздействия на выключатель реле бывают: реле прямого действия, подвижная система которых механически связана с отключающим устройством коммутационного аппарата (РТМ, РТВ); реле косвенного действия, которые управляют цепью электромагнита отключения.

*Основные виды релейной защиты* 1. Максимальная токовая защита (МТЗ) для радиальных линий 10–35 кВ с одним источником питания. 2. Направленная максимальная токовая защита для линий 10–35 кВ с двумя источниками питания. 3. Газовая защита (ГЗ) трансформаторов, автотрансформаторов. 4. Дифференциальная защита трансформаторов (ДЗТ), линий электропередачи (ДЗЛ). 5. Дистанционная защита (ДЗ) линий 110–500 кВ в сетях с несколькими источниками питания. 6. Дифференциально-фазная (высокочастотная) защита (ДФЗ) для линий 220–1150 кВ. Если назначением релейной защиты является в первую очередь отключение оборудования, то в функции электроавтоматики входит его включение. В чистом виде к электроавтоматике относят автоматическое повторное включение (АПВ) и автоматическое включение резервного питания или механизма (сокращенно автоматический ввод резерва – АВР). Кроме этого существует противоаварийная режимная автоматика. К ней относят: автоматическую частотную разгрузку (АЧР); автоматическое регулирование частоты и активной мощности (АРЧМ). Имеется также противоаварийная системная автоматика: разгрузка электростанций, предотвращение и прекращение асинхронного режима (АЛАР), предотвращение недопустимого повышения (АОПН) или снижения напряжения (АОСН) в узле, автоматика дозированного воздействия (АДВ), автоматика предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ). Такие устройства размещаются на крупных электростанциях и подстанциях сверхвысокого напряжения. [40]

*Основные требования, предъявляемые к релейной защите.* К релейной защите предъявляются такие основные требования, как быстродействие, селективность, чувствительность, надежность:

а) быстродействие – это свойство релейной защиты отключать повреждение с минимально возможной выдержкой времени. Для сохранения устойчивости энергосистем требуется весьма малое время отключения КЗ. На ЛЭП 750–1150 кВ междуфазные КЗ необходимо отключать через 0,06–

0,08 с после их возникновения, на ЛЭП 330–500 кВ – за 0,1–0,12 с, на ЛЭП 110–220 кВ – за 0,15–0,3 с;

б) селективность, или избирательность. Селективностью называется способность релейной защиты выявлять место повреждения и отключать его только ближайшими к нему выключателями (см. рисунок 10.1).

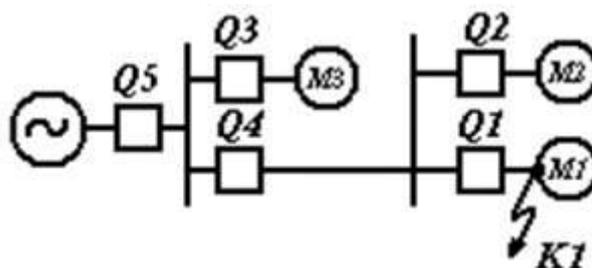


Рисунок 10.1 – Схема электроустановки к пояснению принципа селективности релейной защиты

Так, при КЗ в точке К1 (см. рисунок 10.1) для правильной ликвидации аварии должна подействовать защита только на выключателе Q1 и отключить этот выключатель. При этом остальная неповрежденная часть электрической установки останется в работе. [41, 42]

Такое избирательное действие защиты называется селективным. Если же при КЗ в точке К1 раньше защиты выключателя Q1 или одновременно с ней подействует защита выключателя Q4 и отключит этот выключатель, то ликвидация аварии будет неправильной, так как кроме поврежденного электродвигателя М1 останется без напряжения неповрежденный электродвигатель М2. Такое действие защиты называется неселективным. Из рисунка 10.1 видно, что если при КЗ в точке К1 подействует неправильно защита выключателя Q5 и отключит этот выключатель, то последствия такого неселективного действия будут еще более тяжелыми, так как без напряжения останутся оба неповрежденных электродвигателя М2 и М3. Рассмотренный пример показывает, какое важное значение имеет выполнение требования селективности для обеспечения правильной ликвидации аварий;

в) чувствительность – это свойство защиты надежно срабатывать при КЗ в конце защищаемого участка в минимальном режиме работы системы. Защита должна обладать такой чувствительностью к тем видам повреждений и нарушений нормального режима работы в данной электрической установке или электрической сети, на которые она рассчитана, чтобы было обеспечено ее действие в начале возникновения повреждения, чем сокращаются размеры повреждения оборудования в месте КЗ;

г) надежность – это свойство защиты гарантированно выполнять свои функции на протяжении всего периода эксплуатации. Защита должна правильно и безотказно действовать на отключение выключателей оборудования при всех его повреждениях и нарушениях нормального режима

работы, для действия при которых она предназначена, и не действовать в нормальных условиях, а также при таких повреждениях и нарушениях нормального режима работы, при которых действие данной защиты не предусмотрено и должна действовать другая защита. Требование надежности обеспечивается совершенством принципов защиты и конструкций аппаратуры, добротностью деталей.

#### **Контрольные вопросы**

1. Назначение релейной защиты.
2. По каким признакам классифицируются реле защиты?
3. Основные виды релейной защиты.
4. Какие основные требования предъявляются к релейной защите?

### **Лекция № 11. Биоэнергетика в энергообеспечении сельского хозяйства**

#### **Содержание**

- общие сведения;
- биогазовые установки.

Цель лекции: знакомство с биоэнергетикой и ее задачами.

*Биоэнергетика* – одно из перспективных направлений биотехнологии, которое основано на получении энергии с помощью биологических процессов.

Отрасли биоэнергетики и сельского хозяйства неразрывно связаны друг с другом. Большинство направлений агропромышленного комплекса страны не являются безотходными. В результате интенсивной деятельности сельхозпредприятий образуется большое количество остаточного сырья, пригодного для дальнейшего использования, которое составляет основную долю сельскохозяйственных отходов. В Казахстане это:

- выращивание культур – сбор и переработка пшеницы, ячменя и сахарной свеклы. Типичные виды отходов включают стебли, солому, листья, шелуху, жмых, корни и прочее;

- животноводство – разведение свиней, коров, лошадей, кур и других животных. Типичные отходы включают навозную жижу, навоз, сточные воды животноводства, помет, силос, отходы, полученные в результате убоя, остатки подстилок и прочее. [43]

В Казахстане общий объем доступных сельскохозяйственных отходов составляет 5,1 млн тонн сухого вещества. Наибольшая доля приходится на пшеницу (54%), сахарную свеклу (30%), ячмень (8%) и другие культуры (8%), а общий доступный объем навоза составляет около 1,5 млн тонн сухого вещества в год. Доступная часть отходов составляет 17% от общего объема производства отходов. Наибольшая доля навоза доступна в результате жизнедеятельности крупного рогатого скота (74%) и птицы (23%), очень незначительная – в результате жизнедеятельности свиней (3%). Ключевыми

факторами расчета имеющегося потенциала являются количество крупных ферм и количество животных на них.

В ходе исследования были выявлены 4 основных региона с наибольшим доступным объемом отходов – Акмолинская, Костанайская, Алматинская и Восточно-Казахстанская области.

Любому сырью можно найти повторное применение в качестве топлива, удобрения либо другой продукции.

*Биотопливо* — это твердое, жидкое или газообразное топливо, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом. Различается твердое (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга), жидкое (для двигателей внутреннего сгорания — этанол, метанол, биодизель) и газообразное биотопливо (биогаз, водород) (рисунок 11.1).



Рисунок 11.1 – Энергия из биомассы

В Казахстане внедрение систем преобразования энергии может привести к ряду преимуществ:

- несмотря на то, что требования к обращению с сельскохозяйственными отходами и их объемы различаются в зависимости от региона и фермы/ промышленной отрасли, отходы можно собирать и комбинировать по разным фермам в рамках одного конкретного объекта, где их можно перерабатывать и преобразовывать в энергию;

- переработка неиспользованных сельскохозяйственных отходов обеспечивает производство полезной тепловой энергии, которая может быть использована в местном секторе бытовых потребителей/промышленном секторе, и (или) электроэнергии, которая может быть введена в местную сеть;

- в варианте биогазовой технологии смесь отходов после анаэробной обработки может быть использована в качестве удобрения, которое намного

лучше усваивается растениями благодаря своим характеристикам и таким образом повышает урожайность фермы;

- меньше выбросов парниковых газов, CO<sub>2</sub> и NO<sub>2</sub>;
- процесс преобразования делает возможным рециркуляцию органических и «зеленых» отходов с ферм;
- меньше неприятных запахов от навозной жижи/навоза/органических отходов, поскольку переработка отходов обеспечивает их немедленную обработку;
- уменьшение уровня загрязнения поверхностных, грунтовых и питьевых вод отходами;
- повышение качества управления отходами на фермах и в промышленных отраслях. [44]

Все источники биомассы можно разделить на три основные группы:

1) *к первой группе* относятся специально выращенные для энергетических целей наземные растения. Наибольшее значение имеют лесоводческие энергетические хозяйства для выращивания различных пород деревьев: быстрорастущая порода ивы (разработка белорусских ученых), эбеновое дерево, эвкалипт, пальма, гибридный тополь и др. Одним из перспективных энергетических культур является земляная груша (топинамбур), сладкое сорго, сахарный тростник.

2) *Ко второй группе* источников биомассы относятся различные органические остатки и отходы:

а) биологические отходы животных (навоз крупного рогатого скота, помет домашней птицы и др.);

б) остатки от сбора урожая сельскохозяйственных культур и побочные продукты их переработки, такие как солома ржи и пшеницы, кочерыжка кукурузного початка, стебель хлопка, скорлупа земляного ореха, отходы картофеля, рисовая шелуха и солома, лузга семечек, костра льна и др.;

в) отходы лесозаготовок, лесопиления и деревообработки: кора, опилки, древесные щепки, стружки;

г) промышленные сточные воды (в частности, текстильных, молочных, а также других предприятий по переработке пищевых продуктов);

д) городские отходы (твердые и сточные воды).

3) *Третья группа* – это водные растения, в том числе морские водоросли, среди которых гигантские ламинарии (бурые водоросли), водяной гиацинт. Океан рассматривается как основной поставщик крупных морских бурых водорослей и водорослей, обитающих на дне (бентические растения), а также водорослей, плавающих в стоячей воде. Кроме того, анализируется возможность использования биомассы эстуарий соленых и пресноводных болот.

В зависимости от влажности и степени биоразлагаемости биомасса перерабатывается пятью основными способами:

1 *Сжигание* – самый простой и популярный способ получения дешевой энергии из сухих органических отходов. Во время сжигания отходов в котле

образуется пар, пар вращает турбину, а та, в свою очередь, двигает ротор генератора, производящего электроэнергию. У этого способа есть минус – котел засоряется золой и сажей, и производственные затраты возрастают. Поэтому в прямом сжигании используют далеко не все виды органических отходов.

2 *Газификация* – сжигание твердого биотоплива при минимальном доступе кислорода. Итог такой обработки – смесь газов (азот, метан, водород, углекислый газ), применяемых для вращения газовой турбины. Главное преимущество технологии – получаемое беспримесное топливо, которое не загрязняет окружающую среду. Метан используется как ископаемый природный газ уже сейчас, водород будет применяться с теми же целями в обозримом будущем.

3 *Пиролиз* – переработка биомассы в топливо путем нагрева с отводом летучих соединений. Получается привычный для пользователя древесный уголь, в несколько раз более энергоемкий и удобный для транспортировки материал. Уголь полезен для отопления жилого фонда, производственных процессов. Современные методы предусматривают использование летучих веществ, образующихся при пиролизе, для синтеза метана и метанола. Технология быстрого пиролиза позволяет получить бионефть – эффективное топливо, удобное в хранении и транспортировке. Биотопливо для автомобилей дешевле, чем ископаемая нефть, безопаснее для экологии; оно подходит для всех двигателей и увеличивает их срок работы. Еще одно вещество, которое можно получить путем пиролиза, – феноловое масло, применяемое для изготовления пластмасс, изопены, древесного клея.

4 *Анаэробное брожение* – обработка отходов при помощи анаэробных бактерий, пищей которым служит неживое органическое вещество (сточные воды, навоз). Потребляя его в специальных варочных резервуарах, бактерии вырабатывают водород и метан. Получившийся газ собирают, чтобы использовать для выработки электроэнергии. Этот метод позволяет восстановить 2/3 топлива из биомассы.

5 *Ферментация* – использование микроорганизмов дрожжевого типа для получения топлива (этанола и других углеводов). Метод дает возможность использовать практически все существующие вариации бытовых отходов – от зерновой лузги и бумажных отходов до сахарного тростника и древесины.

Самым распространенным в мире является микробиологический метод безотходного производства – получение биогаза анаэробным сбраживанием. Весьма ценным продуктом производства биогаза является получение высококачественных органических удобрений.

Классификация технологий преобразования энергии биомассы представлена на рисунке 11.2.

Биогаз — это газ, который выделяется в результате брожения биомассы. Это вещество без цвета и запаха, которое на 70% состоит из метана и на 30% — из углекислого газа. Обладает очень высокой

производительностью тепла: при сжигании 1 м<sup>3</sup> биогаза выделяется столько же тепла, сколько при сжигании 1,5 кг каменного угля.

Производство биогаза имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- эффективно уничтожает отходы и обеззараживает стоки.
- Благоприятно влияет на экологическую обстановку, поскольку предотвращает выброс в атмосферу метана, оказывающего огромное влияние на парниковый эффект.
- Сырье является неиссякаемым и практически бесплатным, поэтому приобретение оборудования становится экономически выгодным.

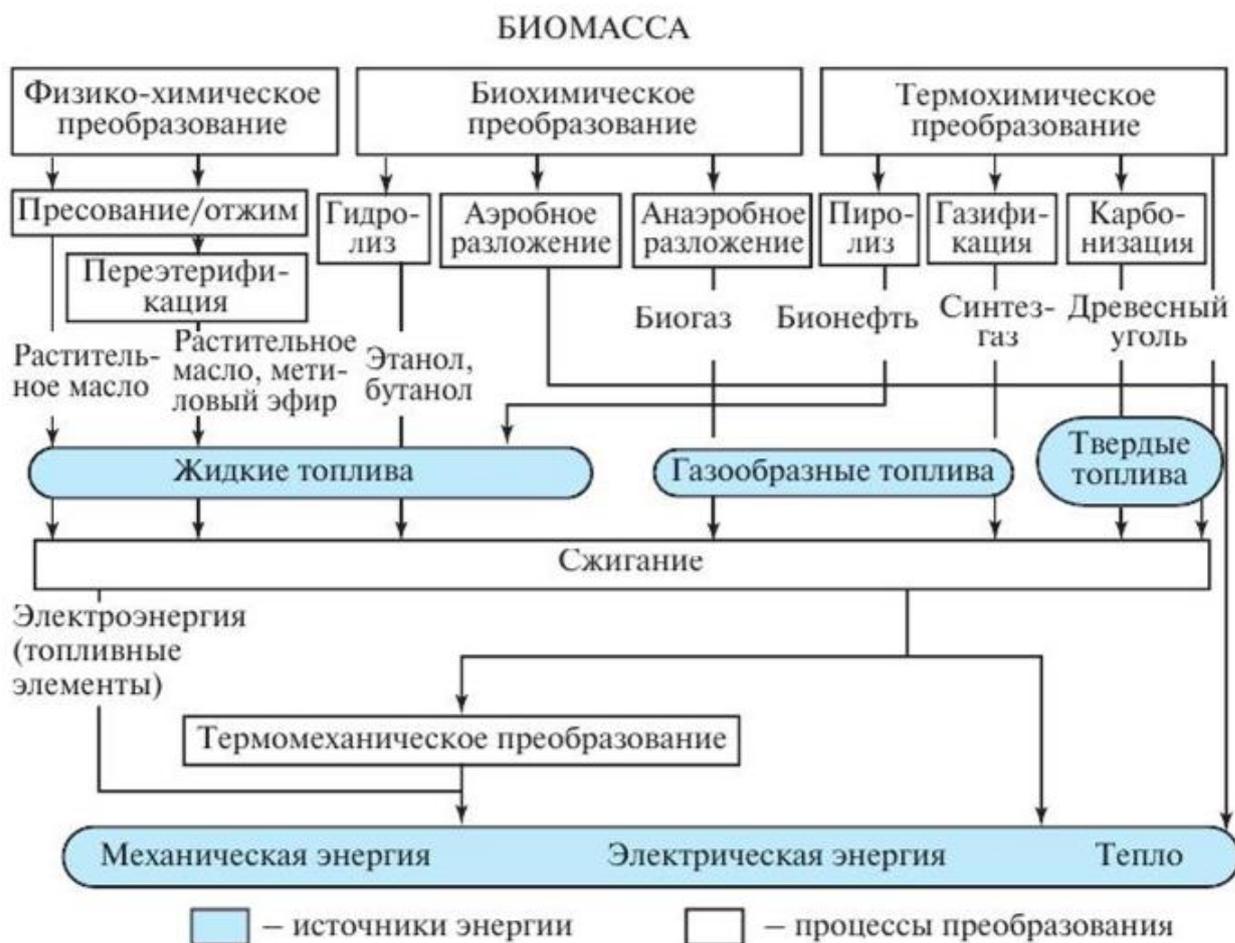


Рисунок 11.2 – Классификация технологий преобразования энергии биомассы

Как и любая технология, производство биогаза не идеально и имеет свои недостатки:

- скорость его производства в значительной степени уступает традиционным источникам энергии.
- Для поддержания реакции нужно большое количество ферментов определенного качества.
- При нарушении герметичности емкостей с биогазом его качество резко снижается.

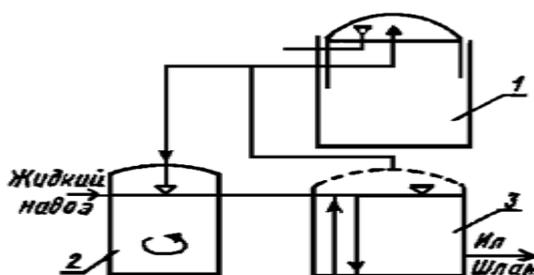
Общая схема переработки органических отходов на биогазовых установках представлена на рисунке 11.3.

Биогазовая установка, как правило, представляет собой герметически закрытую емкость, в которой при определенной температуре происходит сбраживание органической массы отходов, сточных вод и т. п. с образованием биогаза. В зависимости от особенностей технологической схемы они бывают трех типов: непрерывные, периодические и аккумулятивные.



Рисунок 11.3 – Схема переработки органических отходов на биогазовых установках

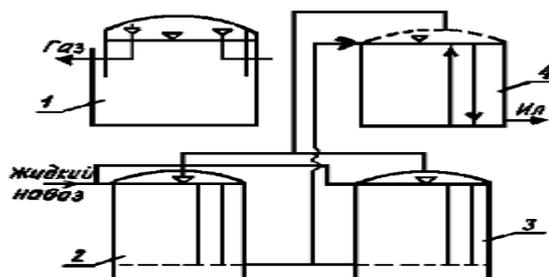
При *непрерывной (проточной)* схеме (рисунок 11.4) свежий субстрат загружают в камеру сбраживания непрерывно или через определенные промежутки времени (от 2 до 10 раз в сутки), удаляя такое же количество сброженной массы. Эта система позволяет получить максимальное количество биогаза, но требует больше материальных расходов.



1 – газгольдер; 2 – реактор; 3 – хранилище ила (шлама).

Рисунок 11.4 – Схема биогазовой установки непрерывного сбраживания

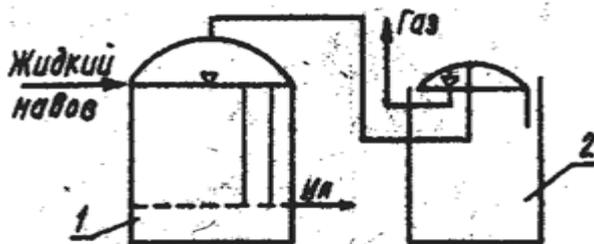
При *периодической (циклической)* схеме (рисунок 11.4) имеются две камеры сбраживания, которые загружают по очереди. В данном случае полезный объем камер используется менее эффективно, чем при непрерывной. Кроме того, нужны значительные запасы навоза или другого субстрата для их заполнения.



1 – газгольдер; 2 – первый реактор; 3 – второй реактор; 4 – хранилище ила (шлама).

Рисунок 11.4 – Схема периодического сбраживания

При *аккумулятивной* схеме хранилище для навоза служит одновременно камерой сбраживания и хранения перебродившего навоза до его выгрузки (рисунок 11.5).



1 – реактор и хранилище; 2 – газгольдер.

Рисунок 11.5 – Схема аккумулятивного сбраживания

Работы биогазовой установки (рисунок 11.6) представлены в 3 этапа и отражены на рисунке 11.7.

1. Доставка продуктов переработки и отходов в установку. В том случае, если отходы жидкие, их целесообразно доставлять в реактор с помощью специализированных насосов. Более твердые отходы могут доставляться в реактор вручную либо посредством транспортной ленты. В некоторых случаях целесообразно подогреть отходы, дабы увеличить их скорость брожения и распада в биореакторе. Для подогрева отходов используется переходная емкость, в которой продукты переработки доводятся до нужной температуры. [45]



Рисунок 11.6 – Заводы, производящие биогаз

2. Переработка в реакторе. После переходной емкости подготовленные (и подогретые!) отходы попадают в реактор. Качественный биореактор представляет собой герметичную конструкцию, изготовленную из особо прочной стали либо из бетона, имеющего специальное, антикислотное покрытие. В обязательном порядке реактор должен иметь идеальную тепловую и газовую изоляцию. Даже малейшее попадание воздуха или снижение температуры повлечет остановку процесса брожения и распада. Подогрев реактора осуществляется с помощью трубок с горячей водой. Система автономна. Нагрев воды происходит с помощью вырабатываемого биогаза. Реактор работает без доступа кислорода, в полностью замкнутой среде. Несколько раз в день, с помощью насоса в него можно добавлять новые порции перерабатываемого вещества. Оптимальный температурный режим реактора – около 40 градусов Цельсия. Если температура меньше, то процесс брожения существенно замедлится. Если увеличить температуру, то произойдет быстрое испарение воды, что не позволит отходам полностью распасться. Для того чтобы ускорить процесс брожения, используется специальный миксер. Данное устройство перемешивает субстанцию в реакторе через определенный промежуток времени.

3. Выход готового продукта. По истечении определенного времени (от нескольких часов до нескольких дней) появляются первые результаты брожения. Это биогаз и биологические удобрения. В итоге получившийся биогаз попадает в газгольдер (бак для хранения газа). Давление газа в газгольдере регулируется с помощью клапанов. В случае чрезмерного давления будут задействованы аварийные горелки, которые попросту сожгут лишний газ и тем самым стабилизируют давление. Получаемый биогаз нуждается в усушке. Лишь после этого его можно использовать как обычный природный газ. Отдельно следует сказать, что для поддержания работы биогазовой установки требуется около 15% получаемого газа. В свою очередь биологические удобрения попадают в специально подготовленный бак с сепаратором. Происходит разделение на твердые (биогумус) и жидкие удобрения. Биогумус составляет всего лишь около 5% от общего количества получаемых удобрений. Собственно, удобрения сразу могут быть использованы по назначению. Дополнительной переработки они не требуют.

Более того, в Европе существуют целые поточные линии, которые запаковывают полученные биологические удобрения в пластиковые емкости. Торговля подобными удобрениями – достаточно прибыльный бизнес. Работа биогазовой установки непрерывна. Выражаясь проще, в реактор постоянно попадают новые порции перерабатываемого материала, а в газгольдер и сепараторный бак также постоянно попадает газ и биологические удобрения.



Рисунок 11.7 – Работа биогазовой установки

Внутренняя энергия  $1,0 \text{ м}^3$  биогаза сопоставима с:  $0,6 \text{ м}^3$  природного газа;  $0,74 \text{ л}$  нефти;  $0,65 \text{ л}$  дизельного топлива;  $0,48 \text{ л}$  бензина. При сжигании  $1,0 \text{ м}^3$  биогаза выделяется  $9,0 \text{ кВт}$  тепловой энергии, что позволяет произвести до  $1,5 \text{ кВт}$  электрической энергии или обогреть помещение площадью до  $80,0 \text{ м}^2$  в течение нескольких часов.

### Контрольные вопросы

1. Что называется биомассой?
2. Каковы основные источники потенциала биоэнергетики?
3. Какими способами можно получить электрическую энергию из биомассы?
4. В чем преимущества биомассы как топлива в отличие от ископаемого топлива?
5. Что такое биогаз?
6. Каковы преимущества и недостатки получения электроэнергии из биомассы?
7. Какова технология получения биогаза?

## Лекция 12. Концепция энерго- и ресурсосбережения в сельском хозяйстве

Содержание лекции:

- понятие энерго- и ресурсосбережения, их виды и характеристика;
- концепция энергосбережения в сельском хозяйстве;
- ресурсосберегающая направленность технической политики в сельском хозяйстве.

Цель лекции: знакомство с энерго- и ресурсосберегающими технологиями в сельском хозяйстве.

Основные термины и понятия в области энергосбережения:

*Энергетический ресурс (ЭР)* – носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной или иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная или другой вид энергии). [46]

*Вторичный энергетический ресурс (ВЭР)* – энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

*Энергосбережение* – реализация организационных, правовых, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объема произведенной продукции, выполненных работ, оказания услуг).

*Энергетическая эффективность* – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

*Возобновляемые энергетические ресурсы* – природные энергоносители, постоянно пополняемые в результате естественных (природных) процессов.

Возобновляемые ТЭР основаны на использовании возобновляемых источников энергии: солнечного излучения, энергии ветра, рек, морей и океанов, внутреннего тепла Земли, воды, воздуха; энергии естественного движения водных потоков и существующих в природе градиентов температур; энергии от использования всех видов биомассы, получаемой в качестве отходов растениеводства и животноводства, искусственных лесонасаждений и водорослей; энергии от утилизации отходов промышленного производства, твердых бытовых отходов и осадков сточных вод; энергии от прямого сжигания растительной биомассы, термической переработки отходов лесной и деревообрабатывающей промышленности

*Энергоустановка* – комплекс взаимосвязанного оборудования и

сооружений, предназначенных для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии (ГОСТ 19431).

*Рациональное использование энергоресурсов* – использование топливно-энергетических ресурсов, обеспечивающее достижение максимальной при существующем уровне развития техники и технологии эффективности, с учетом ограниченности их запасов и соблюдения требований снижения техногенного воздействия на окружающую среду и других требований общества (ГОСТ 30166).

Понятие «Рациональное использование ТЭР» является более общим по сравнению с понятием «Экономное расходование ТЭР» и включает: выбор оптимальной структуры энергоносителей, то есть оптимального количественного соотношения различных используемых видов энергоносителей в установке, на участке, в цехе на предприятии, в регионе, отрасли, хозяйстве – в зависимости от рассматриваемого уровня энергодобавки; комплексное использование топлива, в том числе отходов топлива в качестве сырья для промышленности (например, использование золы и шлаков в строительстве); комплексное использование гидроресурсов рек и водоемов; учет возможности использования органического топлива (например нефти) в качестве ценного сырья для промышленности; комплексное исследование экспортно-импортных возможностей и других структурных оптимизаций.

В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Прямое энергосбережение связано непосредственно с экономией энергетических ресурсов при производстве, преобразовании и транспортировке энергии.

Косвенное энергосбережение связано с экономией материальных неэнергетических ресурсов при их добыче, переработке и эксплуатации и достигается за счет уменьшения материалоемкости выпускаемой продукции, повышения ее надежности и качества, продления срока службы изделий. Примером косвенного энергосбережения могут служить широко используемые для подавления или уменьшения скорости коррозии металлоконструкций электрохимические методы.

Мероприятия по энергосбережению. В энергосбережении выделяют следующие группы мероприятий, обеспечивающие эффективное энергоиспользование и рациональное использование топливных ресурсов: научно-технические *мероприятия* – направлены на разработку и использование в производстве новых способов и устройств, отличающихся высокой энергоэффективностью. *Организационные*: пропаганда экономного и бережного использования топлива и энергии, недопущение их потерь, организация общественных объединений, премирование работников за экономию, принятие строгих мер к расточителям энергии. *Организационно-*

*технические*: совершенствование технологии производства; повышение качества сырья и использование менее энергоемких его видов; снижение норм расхода топлива, тепловой и электрической энергии; проведение энергетического аудита и анализа на предприятиях. *Экономические мероприятия* включают систему гибких цен на энергоносители и универсальные тарифы: налоговую политику и меры материального стимулирования экономического энергопотребления. *Нормативно-технические мероприятия* – действия по созданию соответствующих стандартов и других нормативно-технических и руководящих документов по обеспечению эффективного использования топливно-энергетических ресурсов. *Информационные мероприятия* включают проведение информационно-технических семинаров, выставок, конференций по данной теме; информирование населения через средства массовой информации об основных действиях по рациональному использованию энергии как на производстве так и в быту. [47]

*Основными задачами ресурсосбережения являются*: сбережение топлива и энергии (в том числе электрической энергии и тепловой, включая энергию пара, воды, сжатого воздуха, кислорода); рациональное использование и экономия материальных ресурсов; максимальное сохранение природных ресурсов; сохранение равновесия между развитием производств и потреблением вторичных материальных ресурсов с сохранением устойчивости окружающей техногенной среды; совершенствование систем управления качеством производства продукции, ее реализации и потребления, оказания услуг; обеспечение экономически эффективного и безопасного использования вторичных материальных ресурсов.

Анализ потерь в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии показывает, что большая часть потерь – до 90% – приходится на сферу энергопотребления, тогда как потери при передаче электроэнергии составляют лишь 9–10%. Поэтому основные усилия по энергосбережению сконцентрированы именно в сфере потребления электроэнергии.

Основная роль в увеличении эффективности использования энергии принадлежит современным энергосберегающим технологиям.

Для рационального потребления ресурсов и снижения издержек производства продукции растениеводства деятельность сельскохозяйственных организаций должна быть направлена на внедрение технических, технологических и организационных мер.

*Технологические меры включают*: внедрение энергетических и ресурсосберегающих технологий для культивации с минимальной и нулевой обработкой почвы; замена технологий для осуществления механизированных работ, таких как, пахота – обработка почвы до или во время посева – использование внутризональных гербицидов.

Техническая деятельность включает: внедрение высокопроизводительного комбинированного оборудования,

обеспечивающего несколько операций (обработка почвы, минеральные удобрения, посев, упаковка) за один цикл; увеличение сцепления машинных тракторов (МТА) и рабочих скоростей; рациональное агрегатирование машин, предназначенных для полной производительности, – укрепление мощности мобильной техники (тракторы, комбайны, и т. д.); использование альтернативных видов топлива; замена машин с нормативным сроком полезного использования для снижения потребления дизельного топлива и запасных частей.

Организационные меры по ресурсосбережению включают совершенствование структуры обрабатываемых земель и культивирование рентабельных и высокодоходных культур. Это помогает увеличить сроки работы, ежегодную нагрузку на тракторы и машины и снизить их износ. В условиях дефицита материальных ресурсов сельскохозяйственным предприятиям региона необходимо использовать экономический механизм, основанный на применении ресурсосберегающих технологий. Следует рассмотреть следующие варианты ресурсосбережения по отдельности и в комплексе: – использование нулевой или минимальной обработки почвы; – использование семян высокого качества перспективных сортов; – применение высокопроизводительной техники в комбинированных и широкозахватных агрегатах; – совмещение технологических операций; – применение интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней, сорняков; – внесение научно обоснованных доз минеральных и органических удобрений; – эффективная организация труда.

*Энергосберегающая технология* – новый или усовершенствованный технологический процесс, характеризующийся более высоким коэффициентом полезного использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Обычно предприятия внедряют следующие типы технологий, которые дают значительный энергосберегающий эффект:

1. Общие технологии для многих предприятий, связанные с использованием энергии (двигатели с переменной частотой вращения, теплообменники, сжатый воздух, освещение, пар, охлаждение, сушка и пр.).

2. Более эффективное производство энергии, включая современные котельные, когенерацию (тепло и электричество), а также тригенерацию (тепло, холод, электричество); замена старого промышленного оборудования на новое, более эффективное.

3. Альтернативные источники энергии.

Особенности потребления и распределения энергии для функционирования сельскохозяйственной отрасли связаны с тем, что в качестве объекта воздействия машинных технологий чаще всего выступают биологические объекты: почва, растение, животное. Используя инновационные энергоресурсосберегающие технологии, можно достигнуть увеличения производства продукции сельского хозяйства. Этот процесс

неразрывно связан с возрастанием потребления энергии: на сегодняшний день прирост продукции на 1% влечет за собой увеличение расхода энергоресурсов на 2–3%. В животноводстве потребляется 18–22% жидкого топлива и 19–20 % электрической энергии от всех энергоресурсов, используемых на производственные цели в сельском хозяйстве. В РК на 1 га пашни затрачивается до 250–280 кг условного топлива, тогда как, например, в США – 140 кг. Следовательно, решение проблем энергосбережения рассматривается как стратегические инновации.

Основными причинами неэкономичного использования ТЭР в агропромышленных комплексах являются: недооценка роли энергетики в развитии их; морально и физически устаревшее технологическое оборудование в сельскохозяйственном производстве и перерабатывающих отраслях; значительные затраты тепловой и электрической энергии в животноводстве на поддержание в производственных помещениях требуемых параметров микроклимата (особенно для молодняка); низкоэффективные ведомственные котельные с протяженными тепловыми сетями; наличие большого числа электродвигателей для технологических установок, эксплуатируемых с минимальной нагрузкой; неэкономичные системы электроосвещения.

Энергосбережение дает возможность сократить выброс вредных веществ и снизить тепловое загрязнение окружающей среды. Стратегия повышения энергоэффективности в отраслях АПК республики должна включать: эффективное использование топлива и энергии; замену дорогостоящих видов топлива на более дешевые; максимальное использование местных ТЭР; децентрализация источников теплоснабжения; использование энергоэффективных технологий и оборудования, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Весьма перспективными для производств АПК являются следующие энергоэффективные технологии: системы комбинированной выработки электроэнергии и теплоты для автономных сельскохозяйственных потребителей (когенерация и тригенерация энергии), позволяющие получать значительную экономию ТЭР; энергосберегающие технологии и системы машин для производства продукции животноводства и растениеводства; системы утилизации природной и отходящей теплоты (гелиоустановки, тепловые насосы и т. п.); энергосберегающие системы обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях с утилизацией и рециркуляцией теплоты воздуха; энергосберегающие технологии в системах сельского водоснабжения

Из организационно-технических мероприятий представляют интерес разработки по управлению мощностью систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, например, с целью снижения его температуры в ночное время и т. п.

И, безусловно, перспективным энергоресурсосберегающим направлением представляется разработка электротехнологических методов,

оборудования и технических средств, обеспечивающих получение качественных продуктов питания, семенного материала и кормов для животных, использование СВЧ-энергии в технологических процессах и т. п.

*Энергетика сельского хозяйства* имеет ряд специфических особенностей: рассредоточенность сельских потребителей, малая единичная мощность, большая протяженность сетей – электрических, тепловых, газовых, значительная часть которых в настоящее время разрушена, небезопасна и непригодна для дальнейшей эксплуатации. Потери энергии в энергосетях и у потребителя очень большие и в ряде случаев достигают 40%, а общий коэффициент полезного использования топливно-энергетических ресурсов в сельской энергетике не превышает 35%, что значительно ниже, чем в промышленных отраслях. Анализ структуры потерь в сфере производства, распределения и потребления электроэнергии показывает, что определяющая доля потерь (до 90%) приходится на сферу энергопотребления, тогда как потери при производстве и передаче электроэнергии составляют лишь 8–10%.

Проведя анализ различных энергетических систем, можно выделить следующие энергосберегающие мероприятия, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типовые энергосберегающие мероприятия энергетических систем

Энергетические системы		Энергосберегающие мероприятия
Система электроснабжения	Для электрического освещения	Применение светильников с энергоэффективными лампами, светильников с отражателями; секционирование систем электрического освещения, комбинированного искусственного освещения (общее + местное), газоразрядных ламп ДНаТ (для наружного освещения).
	Для электрических сетей	Компенсация реактивной мощности, регулировка двигателей ступенчатыми трансформаторами. Применение электрических балластов (дросселей) в светильниках с трубчатыми и кольцевыми люминесцентными лампами, тиристорных регуляторов мощности, частотно-регулируемых приводов. А также системы бесперебойного питания и архитектура питания на основе постоянного тока.

К основным мероприятиям энергоэффективного функционирования АПК относятся: экономия электроэнергии в системах электроснабжения и при ее использовании (снижение потерь в сетях, регулируемый

электропривод, внедрение электротехнологий, экономное осветительное оборудование, качественная эксплуатация, учет); энергоэкономные тепловые процессы и теплоэнергетическое оборудование; использование древесных и растительных отходов, местных видов топлива взамен традиционных энергоресурсов, газогенераторы; новые технологии и энергоэкономная техника, и оборудование в животноводстве и растениеводстве (регулируемый микроклимат с утилизацией тепла, комбинированные технологии); использование возобновляемых источников энергии; использование вторичных энергоресурсов; альтернативные виды топлива; эффективные эксплуатационно-ремонтные службы, оргтехмероприятия, рациональная структура энергоносителей.

Энергосбережение в сельском хозяйстве.

Сельское хозяйство является высокоэнергоёмким производством и одним из крупнейших в стране потребителей топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) для получения жизненно важных продуктов питания для населения. На каждый процент прироста валовой сельскохозяйственной продукции затраты энергии увеличиваются на 4–4,5%. Удельный вес энергетических ресурсов в себестоимости продукции повысился до 20%, тенденция его увеличения оказывает негативное воздействие на функционирование предприятий отрасли. При этом рост цен на энергоресурсы в 2,5 раза опережает рост цен на аграрную продукцию

Основное направление сбережения электроэнергии – это ее высокопродуктивное расходование путем согласования мощности электрооборудования с конкретными потребностями; соблюдение графика работы электрооборудования, который делает невозможной холостую работу и неполную загрузку; поддержание электрооборудования в технически исправном состоянии, при котором устраняется отклонение от нормативного состояния.

Резервы уменьшения расходов электроэнергии на освещение дает замена ламп накаливания, которые превращают в свет лишь 5–8% употребленной энергии, люминесцентными лампами, полезная отдача которых 20–30%.

Около половины экономии энергии можно обеспечить в результате внедрения энергосберегающих машин, технологических процессов и оборудования, в том числе промышленно-освоенных и новых, подлежащих освоению, и около десятой части – за счет повышения уровня использования вторичных энергетических ресурсов.

*Важным аспектом энергосбережения в земледелии является включение в севооборот культур, предназначенных для использования в качестве биотоплива. Имеется в виду такая ценная культура, как рапс, масло которого является альтернативой дизельному топливу, применяемому ныне для сельскохозяйственной техники в хозяйствах АПК. Рапсовое биотопливо – экологически безопасное по воздействию на почву и атмосферу и не снижает продуктивности почв. Оно не токсично, пожаробезопасно и по*

себестоимости в четыре раза дешевле привычной солярки. Кроме этого, при выращивании рапса происходит очищение сельскохозяйственных площадей от азота до уровня 0,06–0,09% от вносимых азотных удобрений, что уменьшает загрязнение азотными соединениями подземных и поверхностных вод. Масло из рапса как горючее активно применяется за рубежом.

*Система берегающего земледелия* – это долгосрочная стратегия менеджмента каждого хозяйства, которая предлагает возможность повышения эффективности производства при одновременном снижении затрат и минимизации ущерба, наносимого окружающей среде посредством применения ресурсосберегающих технологий и точного земледелия.

В системе берегающего земледелия снижение затрат обеспечивается внедрением элементов точного земледелия с помощью специальной аппаратуры. К такому оборудованию относится прибор параллельного вождения AgGPS. Это устройство позволяет сократить затраты за счет параллельного вождения и минимизации перекрытий: экономит химикаты, топливо, время, исключает пропуски; расширяет временные возможности за счет работы ночью и при плохой видимости.

К методам, уменьшающим количество вносимых минеральных удобрений и средств защиты растений, относятся:

- отслеживание кислотности (применение необходимой концентрации рН) для средств защиты растений;

- использование почвенных бактерий, главный принцип действия которых основывается на естественных природных процессах фиксации атмосферного азота и переводе связанных форм фосфора в доступные растениям формы.

Кроме того, что эти бактерии обеспечивают питание азотом и фосфором, они вырабатывают целый ряд биологически активных веществ, среди которых фитогормоны, стимулирующие развитие растений, и антибиотики, подавляющие рост вредоносных грибков. Таким образом, бактерии становятся естественными помощниками растений; организация полнокультурных севооборотов (севооборот в системе берегающего земледелия имеет особое значение), так как многие проблемы (засоренность и распространение вредителей и болезней) можно решить путем чередования сельскохозяйственных культур.

Использование в севообороте бобовых культур позволит сэкономить значительное количество азотных удобрений, а культур с глубоко проникающими в землю корнями (рапс, редис) – наряду с экономией азота снять проблему плужной подошвы, улучшить структуру почвы без механических обработок. Выращивание крестоцветных культур в севообороте позволяет улучшить фитосанитарное состояние почвы. Севооборот в системе берегающего земледелия имеет особое значение, так как многие проблемы: засоренность, распространение вредителей и болезней можно решить путем чередования сельскохозяйственных культур.

### 3. Внедрение прогрессивных средств механизации

Сегодня рекомендуется внедрять технологии ресурсосберегающего земледелия, так как они позволят обеспечить устойчивое развитие сельскохозяйственного производства и повысить конкурентоспособность АПК. При данных технологиях достигается экономия горюче-смазочных материалов в два три раза, трудозатрат – до трех раз, расходы на ремонт и обслуживание техники сокращаются более чем вдвое, сохраняется плодородие почвы с одновременным улучшением экологической обстановки.

Еще одним плюсом данных нововведений является то, что металлоемкость производства сельскохозяйственных машин снижается в 2,5 раза. При использовании ресурсосберегающих технологий на зерновом клине общее снижение CO<sub>2</sub> эмиссии составит приблизительно 117,9 млн т CO<sub>2</sub> в год.

По энергетической эффективности (экономии топлива) при выполнении почвообрабатывающих операций предпочтение отдается колесным энергонасыщенным тяговым средствам с широкозахватными агрегатами.

Эффект по экономии трудовых затрат и нефтепродуктов в области достигается при минимизации глубины обработки почвы, совмещении операций, применении машинных технологий. Поэтому необходимо увеличивать закупки дискаторов, стерневых сеялок, комбинированных агрегатов. Их применение позволяет резко сократить число проходов ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин по полю, что уменьшает расход топлива.

Комбинированные агрегаты обеспечивают локальную обработку почвы, внесение в обработанные полосы полной дозы удобрений и посев семян при возделывании зерновых культур. Энергосберегающие технологии берутся на вооружение и фермерами. Сокращение людских ресурсов и проблема повышения привлекательности труда на ферме заставляют внедрять энергосберегающие технологии и в животноводстве.

Примером такой техники являются почвообрабатывающий посевной комплекс ЭРА-П, зерноуборочный прицепной комплекс ЭРА-У.

Почвообрабатывающий посевной комплекс ЭРА-П заменяет весь традиционный парк техники и позволяет исключить использование сеялок, культиваторов, луцильников, борон, выравнивателей, машин для внесения минеральных удобрений, плоскорезов, кольчатых катков и т. д.

Зерноуборочный прицепной комплекс ЭРА-У заменяет зерновой комбайн, жатку, сеялку, орудия для послеуборочной обработки почв. Машина за один проход по полю убирает и вышелушивает зерно из колосьев, измельчает и распределяет равномерно по полю пожнивные остатки, формирует (при необходимости) кулисы из высокой стерни и мульчирует поверхность почвы. После прохода этого комплекса поле не требует какой-либо дополнительной обработки.

Эти два сельскохозяйственных комплекса заменяют практически все машины (около 30 единиц), используемые в традиционной технологии.

Особенность – использование двух источников энергии – солнечной и антропогенной. Доля антропогенной энергии постоянно возрастает. Количество используемой энергии на единицу продукции зависит от отрасли хозяйства (животноводство, растениеводство), используемых технологий, климатических условий зоны и др. факторов.

*В животноводстве* наиболее энергоемким является производство кормов, освещение и отопление помещений для содержания животных, особенно птицефабрик. Кроме технологических затрат необходимо учитывать затраты на производство основных средств.

*Для энергосбережения в животноводстве* рекомендуют:

- использовать энергосберегающие технологии и оборудование при производстве кормов;

- использовать теплоизоляцию и снизить энергозатраты на обогрев животноводческих помещений: применение малоэнергоемких технологий содержания животных, таких как: холодный способ содержания высокопродуктивных дойных коров; выращивание молодняка КРС раннего возраста в индивидуальных домиках, павильонах и секционных помещениях, установленных на открытых площадках; содержание откормочного поголовья свиней на несменяемой подстилке; круглогодичное лагерно-пастбищное содержание скота мясных пород и др.;

- использование биологического тепла животных и птицы.

- использование солнечной энергии, теплоты грунта, грунтовых вод для обогрева помещений и охлаждения их в летнее время.

Применение для обогрева помещений высокоэффективных тепловых генераторов с КПД, близким к 100%.

Снижение расхода электроэнергии на освещение производственных, бытовых и административных помещений.

Применение современных средств автоматизации контроля и управления процессами.

Использование альтернативных источников энергии и утилизация вторичных энергетических ресурсов.

Снижение энергозатрат на водоснабжение.

*В кормопроизводстве:*

- внедрение энергосберегающих технологий возделывания, уборки, переработки и хранения растительных кормов: для сушки использовать энергию биомассы, солнца, ветра; использовать зеленую массу пастбищ, т. к. она обладает самой высокой питательностью (энергозатраты на производство прессованного сена, сенажа, травяной муки из 1000 т зеленой массы, соответственно в 1,1–1,3–1,7 раз выше, чем на производство самой зеленой массы);

- рациональное размещение животноводческих предприятий и объектов кормопроизводства с целью снижения затрат на транспортирование кормов;

- сбалансированность рациона питания животных (несбалансированность рационов питания животных приводит к значительному (на 20–50%) перерасходу кормов). [48]

В *растениеводстве* наибольшие статьи затрат связаны с использованием техники, пестицидов и удобрений. Экономия энергоресурсов в растениеводстве достигается, если: использовать высококачественные семена, а не повышать дозы удобрений; очищать семена от трудноотделимых сорняков, а не применять гербициды; повышать качество работ (равномерность внесения удобрений, посева и т. д.); применять рациональную структуру посевных площадей (производство 1 ц кормовых единиц из зеленой массы клевера требует в 3 раза меньше энергозатрат, чем из злаковых трав; а урожайность злаков после клевера повышается на 10 ц/га); применять севообороты; использовать комбинированные и универсальные машины (40% энергопотребления в земледелии расходуется на обработку почвы); организовывать поля с оптимальными пространственными характеристиками (угол склона, степень изрезанности препятствиями, длина гона); использовать энергосберегающие сорта).

#### **Контрольные вопросы**

1. Понятие энергосбережения.
2. Понятие ресурсосбережения и его основные задачи.
3. Какие группы мероприятий по энергосбережению вы знаете?
4. Какие типы технологий дают значительный энергосберегающий эффект?
5. Что включает в себя энергосбережение в сельском хозяйстве?

### **Лекция 13. Возобновляемые источники энергии для сельского хозяйства**

#### **Содержание лекции:**

- перспективы возобновляемой энергетики;
- оценка ветроэнергетических ресурсов Казахстана.

Цель лекции: ознакомить студентов с вопросами использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

Существует несколько стимулов использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.

*Первый стимул* – обеспечить прирост выработки электроэнергии и предотвратить экологическую катастрофу, сохранить природу для будущих поколений.

Главным направлением решения этой задачи является переход энергетических систем на использование экологически чистых

энергетических ресурсов – энергии ветра, Солнца, тепла Земли, движущейся воды, которые не дают избыточного повышения энтропии окружающего пространства и эмиссии парниковых газов.

*Второй стимул* – обеспечение энергией людей, проживающих в регионах, удаленных от существующих систем энергоснабжения. По данным ЮНЕСКО миллионы людей в сельской местности в мире не имеют доступа к электричеству и цивилизации. Это создает там большие социальные проблемы и ведет к уходу людей из сельской местности и перенаселению больших городов. В Казахстане около 5000 поселков и малых поселений оторваны от централизованного электроснабжения.

Основным направлением решения этой проблемы является создание децентрализованных систем энергоснабжения и источников энергии индивидуального пользования, работающих с использованием энергии ветра, Солнца, движущейся воды и возобновляемых энергетических ресурсов растительного происхождения – отходов сельскохозяйственного производства.

*Третий стимул* развития энергетики на нетрадиционных и возобновляемых энергетических ресурсах – снижение уровня политических интриг и военных акций за владение традиционными энергетическими ресурсами – нефтью, природным газом, углем. Энергетика – это политика, большая энергетика – очень большая политика. Сегодняшние международные конфликты – это в значительной степени войны за энергию. Политическая дестабилизация мира, определяется, как правило, борьбой за владение запасами нефти и газа.

Общими свойствами и признаками неисчерпаемых энергетических ресурсов являются:

- цикличность, связанная с вращением Земли и солнечной активностью;
- зависимость от погодных условий и прозрачности атмосферы;
- зависимость от геологического строения Земли, рельефа местности;
- необходимость для энергетических установок малой и средней мощности применения накопителей хаотически поступающей энергии для использования ее по мере надобности. Мощные энергоустановки необходимо объединять в энергосистемы.

Отдельно стоит вопрос экологии и загрязнения окружающей среды объектами электроэнергетики, когда 86% энергии производится тепловыми электростанциями. Концентрация вредных веществ в дымовых газах угольных электростанций в Казахстане в несколько раз превышает международные стандарты. Выбросы вредных веществ в атмосферу электростанциями составляют более 1 млн тонн в год, а общий объем загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, включая золу, превышает 11 млн тонн в год. Угольная энергетика наносит значительный вред природе. По приблизительным оценкам экспертов стоимость ущерба от угольной энергетики окружающей среде и населению превышает стоимость самой электроэнергии. [50]

Республика Казахстан является участником Рамочной Конвенции ООН по изменению климата и имеет международные обязательства по снижению влияния энергетики на климат планеты. Сокращение выбросов парниковых газов энергетическими установками может быть осуществлено за счет изменения структуры генерирующих мощностей, повышения энергоэффективности при потреблении энергии и увеличения использования возобновляемых источников энергии.

В Республике Казахстан создание и развитие энергетики, использующей нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, определено законами РК «Об энергетике» и «Об энергосбережении», «Стратегией развития государства до 2030 года», рядом постановлений правительства.

Горизонтальное движение воздуха, происходящее в результате скольжения Земли относительно своей атмосферы, а также под воздействием силы барического градиента, вызванной различием в температурных режимах больших площадей суши и воды и отклоняющей силы вращения Земли, а также силы трения воздушных масс о поверхность Земли носит название «ветер».

В понятии ветра различаются числовая величина скорости ветра, выражаемая в м/с, км/ч, «узлах» и условных единицах (баллах), и направление, откуда дует ветер. Для обозначения направления указывают «румб» либо угол, который образует горизонтальный вектор скорости с меридианом, причем север принимается за  $360^\circ$  или  $0^\circ$ , восток – за  $90^\circ$ , юг – за  $180^\circ$ , запад – за  $270^\circ$ . Румб – это направление относительно сторон света. В метеорологии принято разделять окружность горизонта на 16 румбов, 1 румб соответствует  $22,5^\circ$ . Главными называют направления на север (С), юг (Ю), запад (З), восток (В). Названия 12 других румбов являются комбинациями названий главных румбов, например, северо-восток (СВ); северо-северо-восток (ССВ), юго-юго-запад (ЮЮЗ).

Скорость и направление ветра всегда в большей или меньшей степени непрерывно колеблются, поэтому их обычно определяют как осредненные величины за некоторый промежуток времени. Наличие сильных колебаний режима ветра, обусловленных турбулентностью, отмечается особо как порывистость или шквальность.

*Порывистость ветра* – наличие в воздушном потоке значительных колебаний скорости и направления с временными интервалами в несколько десятков секунд.

*Шквальность* – резкое усиление и ослабление ветра в течение короткого времени, сопровождающегося также изменениями его направления, продолжительностью в несколько минут или десятков минут.

Ветер со скоростью порядка 5–8 м/с считается умеренным, выше 14 м/с – сильным; выше 20–25 м/с – штормовым, а выше 30–35 м/с – ураганом. При порывах и сильных шквалах скорость ветра может превышать 50 м/с, а в отдельных случаях достигать 100 и более м/с. У поверхности Земли на

небольших участках и на короткое время может устанавливаться полное безветрие – штиль.

Яркими примерами локальных природных воздействий на воздушные потоки являются естественные «аэродинамические трубы», образованные макрорельефом Земли – горными хребтами в сочетании с озерами и степными пространствами – Джунгарские ворота и Шелекский (Шу–Илийский) коридор в Казахстане, Боамское ущелье и Иссыкульская котловина в Киргизии, Баргузинский проход на Байкале и другие.

Джунгарские ворота, расположенные на высоте 190–380 м над уровнем моря, образуются системой горных массивов в Китае, которые сходятся под углом порядка 20–25° в районе станции Достык в Казахстане. На стороне Казахстана Джунгарские ворота находятся между отрогами гор, расходящимися под углом 35 – 40° в сторону долины с озерами Жаланашколь, Алаколь и далее Балхаш. [51]

Для успешного развития ветроэнергетики в Казахстане создаются политическая, законодательная и организационная поддержка со стороны государства. Для обеспечения этого разработана Концепция Национальной Программы развития ветроэнергетики Республики Казахстан.

Основанием для разработки Национальной Программы являются:

- Постановление Правительства № 857 от 25 августа 2003 г. «О развитии ветроэнергетики»;

- Проектный документ совместного проекта Правительства Казахстана и Программы развития ООН «Казахстан – инициатива развития рынка ветроэнергетики», подписанный в 2004 г.

Перспективы развития ветроэнергетики в Казахстане определяются тем, что порядка 20% территории Казахстана имеет среднегодовую скорость ветра 6м/с и выше, что создает хорошие предпосылки для его использования. Стоимость электроэнергии от ВЭС в таких местах может составлять порядка 4–6 ц/кВт.ч с учетом инвестиционных затрат и, будет сопоставима со стоимостью электроэнергии на розничном рынке.

На основе вышесказанного основными мотивами развития ветроэнергетики в Казахстане являются: а) сокращение дефицита электроэнергии и поддержка энергетической независимости;

б) децентрализация, улучшение надежности и экономичности электроснабжения за счет использования местных источников энергии;

в) сохранение запасов органического топлива и сокращение энергоемкости экономики;

г) улучшение экологии и снижение выбросов парниковых газов;

д) создание новой высокотехнологичной отрасли в энергетике, рабочих мест и улучшение социального положения населения.

#### *Оценка ветроэнергетических ресурсов Казахстана*

Потенциал ветровой энергии Казахстана во много раз превышает современное потребление электроэнергии. По некоторым оценкам он составляет около 1820 млрд кВт.ч в год и распространен на значительной

территории страны, как показано на приведенной ниже карте на рисунке 13.1.

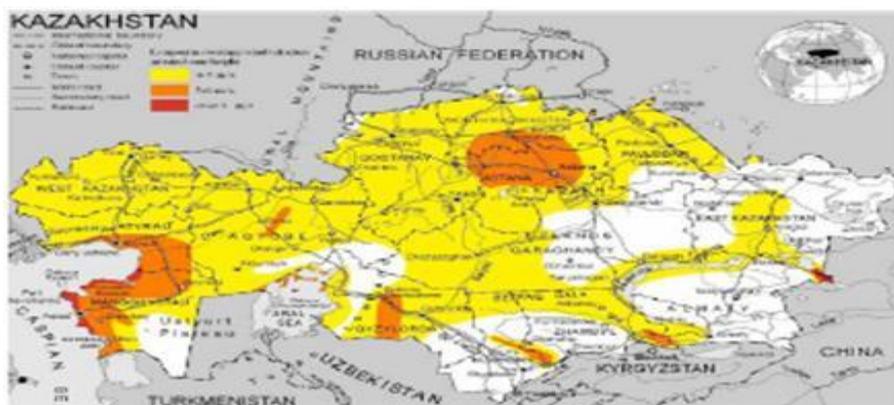


Рисунок 13.1 – Потенциал ветровой активности Казахстана

По международным стандартам данные об энергетическом потенциале ветра получают с помощью мачт высотой 30–45 метров, на которых установлены соответствующие приборы – анемометры для измерения скорости ветра, флюгеры для определения направления, термометры и приборы для измерения влажности ветра. Получаемые в течение как минимум одного года данные с использованием спутниковых систем передаются в центр сбора информации, обрабатываются по специальным методикам и выдаются в виде энергетического потенциала ветра и розы ветров. Такие измерения были выполнены в Джунгарских воротах и Шелекском коридоре, где среднегодовая скорость ветра составила порядка 7,5 м/с и 5,8 м/с с энергетическими потенциалами 525 Вт/м<sup>2</sup> и 240 Вт/м<sup>2</sup> соответственно. Удельная выработка электроэнергии одним киловаттом установленной мощности ветроагрегата в этих местах может составить 4400 кВт.ч/кВт и 3200кВт.ч/кВт в год.

*Ветряные электростанции* производят электричество за счет энергии перемещающихся воздушных масс — ветра. Для ветряных электростанций с горизонтальной осью вращения минимальная скорость ветра составляет:

4-5 м/сек — при мощности  $\geq 200$  кВт

2-3 м/сек — если мощность  $\leq 100$  кВт.

*Ветроэлектростанция* – это мачта, наверху которой размещается контейнер с генератором и редуктором. К оси редуктора ветряной электростанции прикреплены лопасти. Контейнер электростанции поворачивается в зависимости от направления ветра.

Ветряные электростанции с вертикальной осью вращения менее популярны. Сам генератор находится под мачтой, и главное, необходимость ориентации на ветер отсутствует. Ветряные электростанции с вертикальной осью вращения требуют для стабильной работы более высоких скоростей ветра и предварительного запуска от внешнего источника энергии.

*Ветряные электростанции — основные проблемы*

Основную проблему ветряных электростанций вызывает непостоянная природа ветра. При этом мощность ветряных электростанций в каждый момент времени переменна. Невозможно иметь от одной ветроэлектростанции стабильное поступление определенных объемов электроэнергии.

Ветряные электростанции имеют аккумуляторы для накопления электроэнергии, для более равномерной и стабильной работы системы. По этой же причине возникает необходимость объединения ветряных электростанций в энергосистемы и комплексы с иными способами получения электроэнергии. Это, прежде всего, газовые генераторы, микротурбины, солнечные электростанции — батареи на фотоэлементах.

#### *Ветряные электростанции — преимущества*

Ветряные электростанции не загрязняют окружающую среду вредными выбросами.

Ветровая энергия при определенных условиях может конкурировать с невозобновляемыми энергоисточниками.

Источник энергии ветра — природа — неисчерпаема.

#### *Ветряные электростанции — недостатки*

Ветер от природы нестабилен, с усилениями и ослаблениями. Это затрудняет использование ветровой энергии. Поиск технических решений, которые позволили бы компенсировать этот недостаток — главная задача при создании ветряных электростанций.

Качественные ветрогенераторы очень дороги и практически некупаемы.

Ветряные электростанции создают вредные для человека шумы в различных звуковых спектрах. Обычно ветряные установки строятся на таком расстоянии от жилых зданий, чтобы шум не превышал 35-45 децибел.

Ветряные электростанции создают помехи телевидению и различным системам связи. Применение ветряных установок — в Европе их более 26 000 — позволяет считать, что это явление не имеет определяющего значения в развитии альтернативной электроэнергетики.

Ветряные электростанции причиняют вред птицам, если размещаются на путях миграции и гнездования.

В эксплуатации и строительстве находятся несколько ветряных электростанций. Первая ветряная электростанция (ВЭС) в Казахстане, Кордайская ВЭС, была введена в эксплуатацию в 2011 году в Жамбылской области с энергетической мощностью 1500 кВт. Строительство новой ветряной электростанции в Ерейментау, расположенной в Акмолинской области, в трех километрах от столицы Казахстана Нурсултана, было начато в 2013 году и начало подавать электроэнергию в преддверии ЭКСПО-2017. Произведенная электроэнергия передается в национальную линию электропередачи по восьмикилометровой линии. Однако количество энергии, производимой на станции, составляет менее 1% от общей потребности

страны в электроэнергии. В настоящее время завод имеет мощность 80 млн кВт в час. Планируется увеличить мощность более чем в два раза. Увеличение мощности позволит сэкономить до 100 тысяч тонн угля. В начале 2020 года итальянская энергетическая компания Eni запустила ветряную электростанцию Бадамша мощностью 48 МВт, расположенную в северо-западной части Казахстана. Ожидается, что ветряная электростанция обеспечит регион годовой выработкой электроэнергии примерно 198 ГВтч, сократив выбросы углекислого газа (CO<sub>2</sub>) угольными электростанциями на 172 тысячи тонн в год (Маврокефалидис, 2020).

В Казахстане 20 июня 2021 г. совместно с Китаем полностью введена в строй самая мощная в Центральной Азии ветроэлектростанция (ВЭС), вырабатывающая сегодня 100 мВт, полный ввод запланированных агрегатов Жанатасской ветровой электростанции (ВЭС) в Жамбылской области.

*Источник излучения солнечной энергии, основные характеристики солнечного излучения*

Источником излучения солнечной энергии служат термоядерные реакции, протекающие на Солнце. Солнце излучает в окружающее пространство поток энергии, мощность которого составляет примерно 4·10<sup>26</sup> МВт. Расстояние между Землей и Солнцем примерно равно 150 млн км. Площадь поверхности Земли, облучаемой Солнцем, составляет около

5·10<sup>8</sup> км<sup>2</sup>. Суммарный поток солнечного излучения, достигающего поверхности Земли, составляет по оценкам экспертов 1,2·10<sup>11</sup> МВт, что значительно превышает потребляемые в настоящее время ресурсы всех не возобновляемых источников энергии (например, суммарная мощность всех электростанций России равна примерно 2,2·10<sup>5</sup> МВт).

Солнечное излучение как процесс распространения электромагнитных волн характеризуется длиной волны –  $\lambda$  и частотой колебаний –  $\nu$ . Обычно в соответствии с длиной волны выделяют три основных диапазона излучения:

- ультрафиолетовое излучение (длины волн менее 0,4 мкм), в этом диапазоне переносится примерно 9% энергии;
- видимое излучение (длины волн от 0,4 мкм до 0,8 мкм), в этом диапазоне переносится примерно 45% энергии;
- инфракрасное (тепловое) излучение (длины волн более 0,8 мкм), в этом диапазоне переносится примерно 46% энергии.

Для количественной оценки излучения используется величина, называемая интенсивностью излучения. Это количество энергии, излучаемой на всех длинах волн с единицы поверхности излучающего тела ( $E_c$ , [Вт/м<sup>2</sup>]) При прохождении через атмосферу Земли солнечный свет ослабляется из-за поглощения инфракрасного излучения парами воды и другими трех- и многоатомными газами, ультрафиолетового излучения – озоновым слоем, а также рассеяния излучения находящимися в воздухе частицами пыли и аэрозолями.

Величина интенсивности солнечного излучения, попадающего на поверхность Земли, зависит от целого ряда факторов, в том числе:

- широты и долготы местности;
- географических и климатических особенностей;
- состояния атмосферы;
- высоты Солнца над горизонтом и других.

При оценке интенсивности солнечного излучения необходимо учитывать как закономерные особенности этого излучения, так и возможные случайные составляющие. Как правило, в потоке солнечного излучения выделяют три основных составляющих:

1. Прямое солнечное излучение, поступающее от Солнца в виде пучка параллельных лучей.
2. Диффузионное (рассеянное) атмосферой Земли излучение.
3. Отраженное поверхностью Земли излучение.

Для полезного использования солнечной энергии применяются солнечные энергетические установки, которые можно классифицировать по следующим признакам:

- по виду энергии, в который преобразовывается солнечная энергия – теплота или электричество;
- по способу концентрирования солнечной энергии – с концентраторами или без концентраторов;
- по конструктивной сложности – простые (нагрев воды в баке для теплоснабжения, тепловая сушка, пассивные системы солнечного отопления и т. д.) и сложные. [52]

Сложные солнечные энергетические установки можно разделить на два подвида. Первый из них объединяет установки, в которых солнечное излучение преобразуется в теплоту, которая далее чаще всего используется на тепловых электростанциях. В качестве таких установок можно назвать башенные солнечные электростанции, солнечные пруды, солнечные энергетические установки с параболоцилиндрическими концентраторами. К этому же подвиду относятся и солнечные коллекторы, в которых солнечное излучение используется для нагрева теплоносителя, который направляется в системы климатизации помещений или на теплотехнологические установки. Второй подвид солнечных энергетических установок основывается на непосредственном преобразовании солнечного излучения в электрическую энергию с помощью фотоэлектрических элементов.

В настоящее время в РК и в мире наибольшее распространение получили два вида солнечных энергетических установок:

- 1) солнечные коллекторы;
- 2) солнечные фотоэлектрические преобразователи.

*Солнечные фотоэлектрические преобразователи*

Фотоэлектрический преобразователь (фотоэлектрическая ячейка, фотоэлемент) – электрическое устройство, которое действует как преобразователь и служит для преобразования части потока

электромагнитного излучения (как правило, видимого света и инфракрасных электромагнитных волн) в электрическую энергию с помощью фотоэлектрического эффекта.

Различают *активные* и *пассивные* системы солнечного теплоснабжения. Характерным признаком активных систем солнечного теплоснабжения является наличие коллектора солнечной энергии, аккумулятора теплоты, резервного (дублирующего) источника энергии, теплообменников (в двухконтурных схемах), насосов или вентиляторов, соединительных трубопроводов или воздухопроводов и системы регулирования.

*Пассивные солнечные системы отопления.* В пассивных системах солнечного теплоснабжения роль КСЭ и аккумулятора теплоты выполняют ограждающие конструкции здания, а движение нагретого солнечной энергией воздуха осуществляется, как правило, путем естественной конвекции (рисунок 13.2). В пассивных системах солнечного теплоснабжения осуществляются:

- прямое улавливание стенами и полом здания солнечной энергии, поступающей через окна большой площади, расположенные в южной стене;
- накопление тепловой энергии аккумулирующей массой (стены, пол, емкости с водой);
- улавливание солнечной энергии в пристроенной к южной стене здания теплице и передача теплоты внутрь помещений.

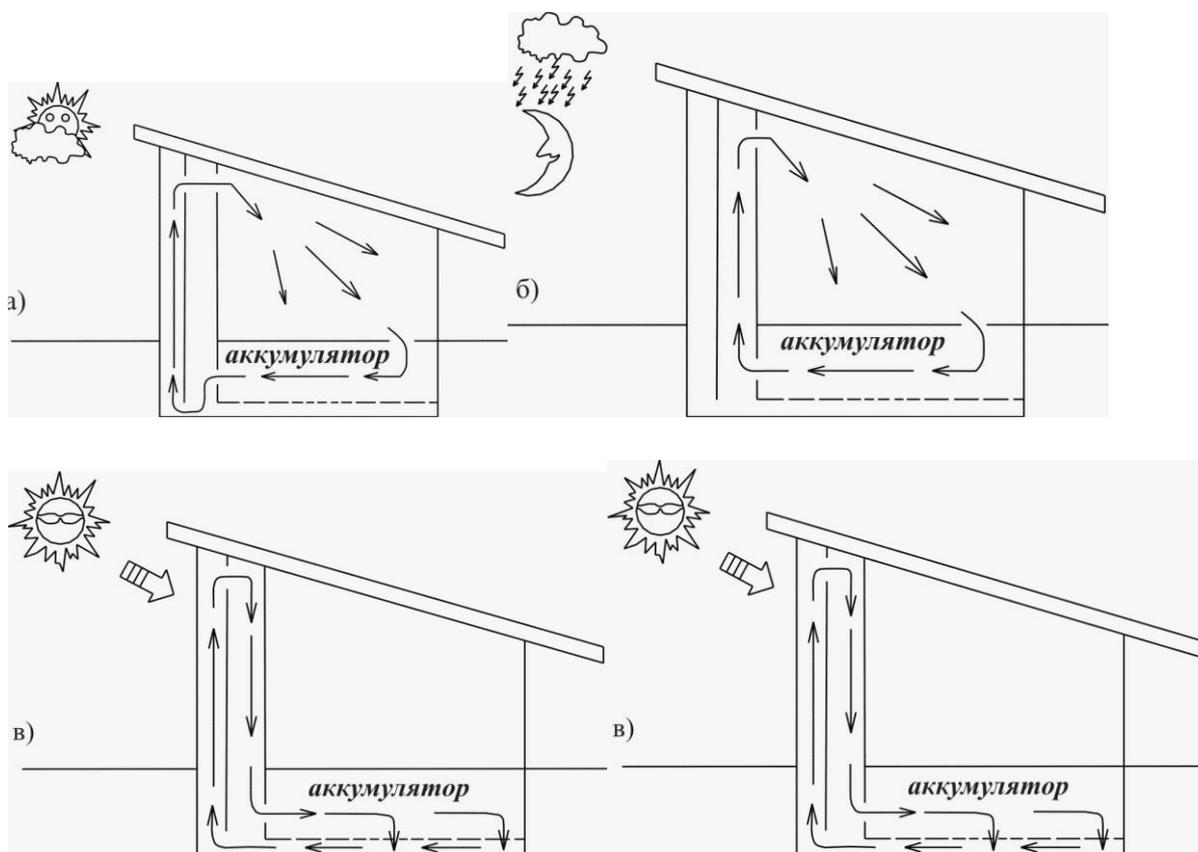


Рисунок 13.2 – Пассивная система солнечного отопления

Для снижения теплопотерь здания в ночное время на светопрозрачных поверхностях предусматривают тепловую изоляцию (щиты, ставни и т. п.). Для отопления зданий используются следующие типы пассивных гелиосистем:

1) с прямым улавливанием солнечного излучения, поступающего через остекленные поверхности большой площади на южном фасаде здания или через примыкающую к южной стене здания солнечную теплицу (зимний сад, оранжерею);

2) с непрямым улавливанием солнечного излучения, то есть, теплоаккумулирующей стеной, расположенной за остеклением южного фасада;

3) с контуром конвективной циркуляции воздуха и галечным аккумулятором теплоты.

Пассивные системы составляют интегральную часть самого здания, которое должно проектироваться таким образом, чтобы обеспечивать наиболее эффективное использование солнечной энергии для отопления. Наряду с окнами и остекленными поверхностями южного фасада для улавливания солнечного излучения также используются остекленные проемы в крыше и дополнительные окна в верхней части здания, которые повышают уровень комфорта человека, так как исключают прямое попадание солнечных лучей в лицо. Одно из важнейших условий эффективной работы пассивной гелиосистемы заключается в правильном выборе местоположения и ориентации здания на основе критерия максимального поступления и улавливания солнечного излучения в зимние месяцы.

Пассивные системы просты в конструкции, но для их эффективной работы требуются регулирующие устройства, управляющие положением тепловой изоляции светопрозрачных поверхностей, штор, заслонок в отверстиях для циркуляции воздуха в теплоаккумулирующей стене. Прямое улавливание солнечной энергии может эффективно осуществляться при соблюдении следующих условий:

1) оптимальная ориентация дома – вдоль оси восток-запад или с отклонением до  $30^\circ$  от этой оси;

2) на южной стороне дома должно быть сосредоточено не менее 50–70% всех окон, а на северной – не более 10%; при этом окна, расположенные в южной части здания, должны иметь двухслойное остекление, а в северной части здания – трехслойное остекление;

3) здание должно иметь улучшенную тепловую изоляцию и низкие теплопотери, обусловленные инфильтрацией наружного воздуха через неплотности в строительных ограждениях;

4) внутренняя планировка здания должна обеспечивать расположение жилых комнат с южной стороны, а вспомогательных помещений – с северной;

5) должна быть обеспечена достаточная теплоаккумулирующая способность внутренних стен и пола для поглощения и аккумуляции

теплоты солнечной энергии;

б) для предотвращения перегрева помещений в летний период над окнами должны быть предусмотрены навесы, козырьки и т. п.

КПД такой системы отопления, как правило, составляет 25–30%, но в особо благоприятных климатических условиях может быть значительно выше и достигать 60%. Существенным недостатком этой системы являются большие суточные колебания температуры воздуха внутри помещений.

Пассивные системы прямого улавливания солнечной энергии имеют наименьшую стоимость для вновь строящихся зданий. Пассивные системы имеют такой же срок службы, как и само здание, и весьма низкие текущие эксплуатационные расходы. Использование системы прямого улавливания солнечной энергии в существующих зданиях связано со значительными трудностями, поэтому их применение в этих случаях нецелесообразно.

Важнейшее требование, предъявляемое к пассивным системам теплоснабжения, состоит в необходимости обеспечения теплового комфорта и регулирования температурного режима в помещениях. В помещениях с пассивным использованием солнечной энергии комфорт обеспечивается при более низких температурах воздуха по сравнению с обычными зданиями, так как температура строительных конструкций всех или большинства помещений выше температуры внутреннего воздуха. При этом строительные конструкции помещений излучают теплоту на человека, отчего ощущение теплового комфорта повышается.

Применение пассивных систем солнечного отопления (ССО) экономически целесообразно в районах с достаточно высоким уровнем инсоляции, обозначенной большим числом часов солнечного стояния и умеренной температурой.

*Активными называются системы* солнечного низкотемпературного отопления, в которых гелиоприемник является самостоятельным отдельным устройством, не относящимся к зданию. Активные гелиосистемы могут быть подразделены: по назначению (системы горячего водоснабжения, отопления, комбинированные системы для целей теплохолодоснабжения); по виду используемого теплоносителя (жидкостные – вода, антифриз и воздушные); по продолжительности работы (круглогодичные, сезонные); по техническому решению схем (одно-, двух-, многоконтурные).

Солнечный коллектор является основным компонентом любой солнечной системы теплоснабжения. Именно в нем происходит преобразование солнечной энергии в тепло. От его технического совершенства и стоимости зависит эффективность работы всей системы солнечного теплоснабжения и ее экономические показатели. Солнечные коллекторы представляют собой специальные устройства для сбора тепловой энергии Солнца (видимый свет и инфракрасное излучение). Не нужно путать солнечный коллектор и солнечную батарею – батареи производят электроэнергию, а коллекторы необходимы для нагрева теплоносителя – воды или воздуха, для систем отопления и (или) горячего водоснабжения. В

системах теплоснабжения используются в основном два типа солнечных коллекторов: плоский и вакуумный.

Простейшие солнечные водонагревательные установки (СВУ) сезонного действия представлены на рисунке 13.3.

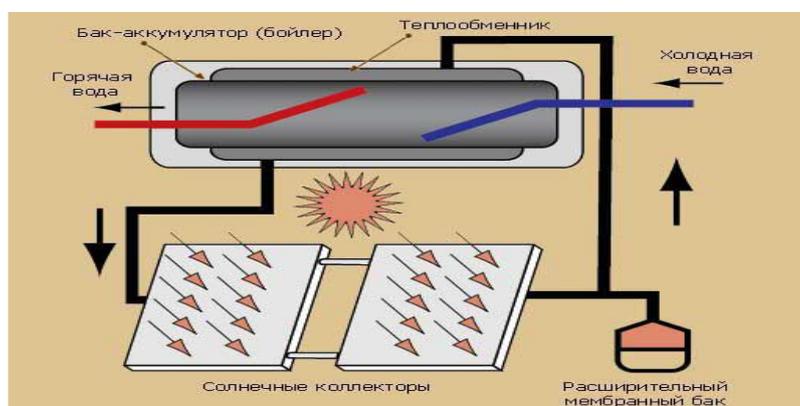
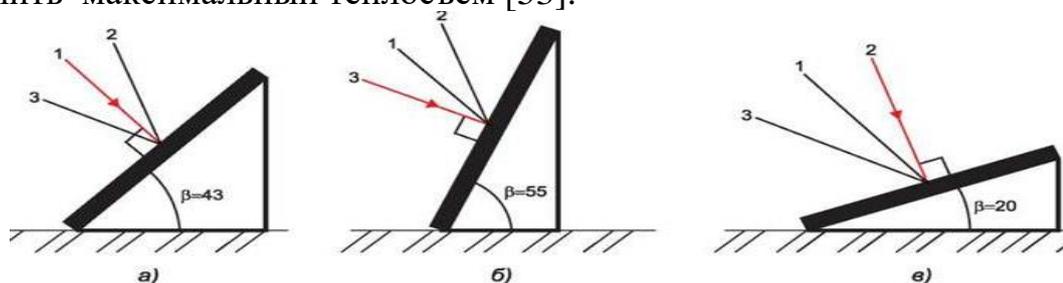


Рисунок 13.3 – Принципиальная схема солнечной водонагревательной установки сезонного действия

При установке солнечных коллекторов придерживаются некоторых рекомендаций:

- оптимальной ориентацией солнечных коллекторов считается юг с возможными отклонениями на восток до  $20^\circ$ , на запад до  $30^\circ$ ;
- угол наклона солнечных коллекторов к горизонту следует принимать для установки, работающей круглый год, равным широте местности.

Выполненные теоретические расчеты показывают, что для максимального сбора солнечной энергии необходимо менять угол наклона солнечного коллектора в зависимости от времени года, как показано на рисунке 13.4. И для того чтобы солнечные лучи падали в полдень на поверхность строго перпендикулярно, необходимо эту поверхность ориентировать под углом  $\beta=90-\alpha$  (где  $\alpha$  – угол высоты Солнца), что позволит получить максимальный теплосъем [53].



а – для весеннего и осеннего равноденствия, б – для зимнего периода, в – летнего периода; стрелками показано направление падения солнечного излучения: 1 – при равноденствии; 2 – летом; 3 – зимой.

Рисунок 13.4 – Определение оптимального угла наклона поверхности (солнечного коллектора)

Анализ расчетов показывает, что зимой на вертикально ориентированные поверхности солнечной радиации поступает в 2 раза больше, чем на горизонтальные участки. А с апреля по сентябрь, наоборот, максимум приходится на горизонтальные поверхности.

Вследствие нестабильности поступления солнечной энергии системы солнечного отопления должны работать с дублером — резервным источником теплоты (котельная, теплосеть и т. п.), обеспечивающим 100% тепловой нагрузки. В то же время солнечные водонагревательные установки сезонного действия могут быть запроектированы без дублера, если не предъявляются жесткие требования по бесперебойному снабжению горячей водой, например, в летних душевых, пансионатах, и т. п.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие существуют стимулы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии?
2. Что называется ветроэлектростанцией?
3. Солнечное излучение и его основные характеристики.
4. Что относится к активным и пассивным системам солнечного теплоснабжения?
5. Преимущества и недостатки ВИЭ.

### **Лекция 14. Возобновляемые источники энергии для сельского хозяйства. Гибридные системы электроснабжения**

Содержание лекции.

- гибридные системы электроснабжения;
- состав гибридной установки энергообеспечения.

Цель лекции: ознакомить студентов с вопросами использования гибридных систем электроснабжения.

Сокращение запасов традиционных источников энергоносителей и тенденция к повышению энергетической эффективности заставляют людей искать все более и более изощренные методы использования традиционных и нетрадиционных источников энергии. В последнее время системы гибридного энергоснабжения становятся весьма популярны. Они предусматривают использование различных источников энергии. Электрическая энергия генерируется с использованием солнечных фотоэлектрических панелей, ветряных турбин или других систем преобразования. Генерирование тепловой энергии для систем отопления, горячего водоснабжения и технологических процессов осуществляется с использованием солнечных коллекторов (плоских и вакуумных трубчатых), геотермальных систем, а также других преобразователей тепловой энергии. Сочетание различных возобновляемых источников энергии — это не только наличие таких элементов, как солнечные коллекторы, фотоэлектрические панели, ветровые турбины, тепловые насосы, но и использование единой

системы управления для обеспечения эффективной работы этих элементов, что составляет основу более стабильной гибридной системы энергоснабжения. [54]

*Гибридная* (комбинированная – солнце, ветер, дизельная) контейнерная, блочно-транспортабельная система электроснабжения предназначена для автономного электроснабжения удаленных объектов, требующих минимального технического обслуживания.

В штатном режиме гибридная установка осуществляет бесперебойное электропитание устройств ЭЦ. Электропитание нагрузки и подзаряд аккумуляторной батареи инверторов осуществляется с приоритетом потребления энергии, вырабатываемой солнечной батареей. Солнечная батарея находится в непрерывном режиме работы и обеспечивает максимально возможную отдачу мощности соответственно освещенности солнечных элементов установки (до 100% электропитания нагрузки). В случае выключения фидеров в темное время суток аккумуляторная батарея обеспечивает работу инверторов в автономном режиме на время запуска ДГА.

Применение гибридных установок в районах с высокой солнечной активностью на объектах железных дорог позволит обеспечить технические средства инфраструктуры с неустойчивым внешним электроснабжением бесперебойным электропитанием – в качестве основного фидера электропитания, с устойчивым внешним электроснабжением – в качестве аварийного фидера электропитания.

Кроме того, гибридные системы могут применяться на объектах, на которых эффект достигается за счет отказа (или отсутствия) основного фидера энергоснабжения, например на тех объектах, где по условиям электросетей подача такого фидера сопряжена с дорогостоящими строительными работами по прокладке низковольтных сетей или высоковольтной линии с установкой КТП.

В гибридной системе электроснабжения различные источники энергии – солнечные батареи, ветроустановки, дизель-генераторы, МИКРОГЭС – снабжают энергией общую сеть электроснабжения населенного пункта (рисунок 14.1).

При этом солнечные батареи, ветроустановки и МИКРОГЭС являются основным источником энергии, а дизель-генераторы используются как резервные источники энергии.

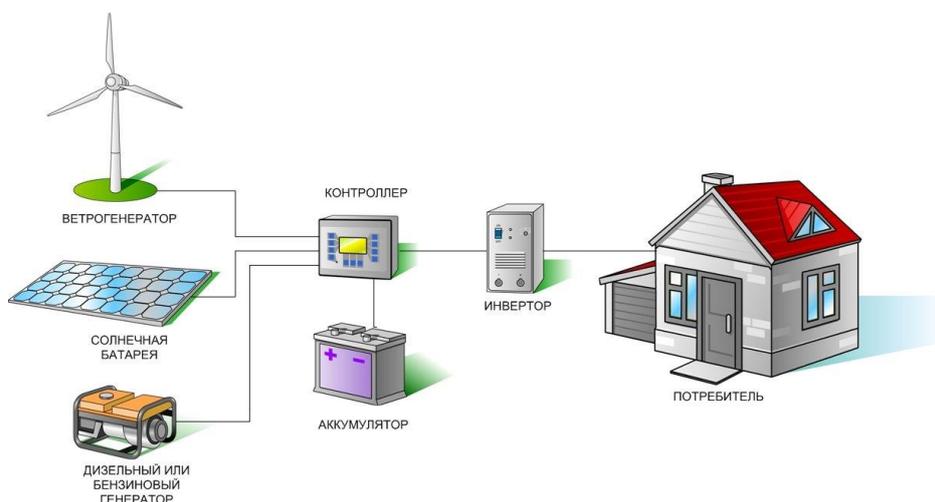


Рисунок 14.1 – Гибридная система электроснабжения

Для питания маломощной нагрузки – до нескольких лампочек и телевизора и некоторых случаях холодильника – достаточно фотоэлектрического комплекта, состоящего из солнечной батареи, аккумулятора, контроллера заряда, и, если нужно, простого инвертора (преобразователя).

Для более надежного и комфортного электроснабжения предлагается гибридная система электроснабжения с солнечными батареями и ЖТГ. Обычно в более мощных системах применяется стандартная бытовая нагрузка на 220 В переменного тока (освещение, телевизор, аудиосистема, холодильник, стиральная машина и т. д.). Поэтому такая система включает в себя, кроме солнечных батарей, инвертор, контроллер заряда, зарядное устройство для подзаряда аккумуляторной батареи. Также может присутствовать система автоматического останова и запуска генератора в зависимости от степени заряженности АБ.

Гибридная ветро-солнечная система для питания маломощной нагрузки постоянного тока и переменного тока применяется там, где в течение года есть и солнце, и ветер. Солнечная и ветровая энергия обычно дополняют друг друга (например, зимой обычно дуют ветра, а летом – длинные солнечные дни).

Сочетание гарантированного энергоисточника – ДЭС и нестабильного возобновляемого позволяет построить универсальные энергокомплексы с неплохими технико-экономическими характеристиками, надежно обеспечивающими электроснабжение различных децентрализованных объектов. Вариант энергетического комплекса с двумя энергоисточниками, каждый из которых способен покрывать в определенные временные интервалы потребности электрической нагрузки, характеризуется максимумом возможностей по замещению дизельной генерации энергией возобновляемого источника. Сокращение времени работы дизельной части энергокомплекса обеспечивает максимум экономии дизельного топлива и увеличивает срок эксплуатации ДЭС.

Возможность отключения ДЭС в периоды высоких значений потенциала возобновляемого энергоресурса достигается усложнением состава гибридного энергокомплекса и алгоритмов управления его элементами. Обобщенная схема гибридной системы электроснабжения рассматриваемого типа приведена на рисунке 14.2.



ДЭС – дизельная электростанция; ППЭ – преобразователь первичного энергоресурса; ПН – преобразователь напряжения; ИПБ – источник бесперебойного питания; Н – нагрузка; БН – балластная нагрузка

Рисунок 14.2 – Гибридный энергетический комплекс с дублирующей ДЭС

Представленная схема гибридного энергетического комплекса предусматривает объединение различных источников электроэнергии на шине переменного тока.

В период высокого потенциала возобновляемого энергоресурса ДЭС отключается. Колебания потребляемой и генерируемой от ВИЭ мощности демпфируется запасом энергии в аккумуляторах ИПБ, что позволяет уменьшить количество запусков ДЭС.

В зависимости от соотношения установленных мощностей ДЭС и установок возобновляемой энергетики в гибридном комплексе может предусматриваться раздельная работа этих энергоисточников или режим их параллельной работы на общую нагрузку в определенных ситуациях.

Очевидно, режим раздельной работы подразумевает относительно большую установленную мощность ППЭ возобновляемого энергоисточника. Соответственно, мгновенная мощность ветровой или солнечной электростанции может существенно превышать номинальную нагрузку. Для утилизации избыточной электроэнергии предусматривается балластная нагрузка БН.

Доля «зеленой» электроэнергии в общем энергетическом балансе рассматриваемой системы электроснабжения обычно составляет не менее 50 %.

При меньших установленных мощностях установок возобновляемой энергетики увеличивается нагрузка на дизельную генерацию. Рост относительной продолжительности режимов генерации ППЭ ВИЭ, не достаточной для текущего покрытия нагрузки, определяет целесообразность

режимов параллельной работы топливного и возобновляемого компонента гибридной электростанции. Реализация такого рода режима требует дополнительного усложнения алгоритмов управления энергетического комплекса введением в его состав соответствующего оборудования: универсального инвертора, способного работать автономно и параллельно с электрической сетью, устройства синхронизации. Дальнейшим развитием интеллектуальных гибридных систем электроснабжения является использование в них инверторных ДЭС.

Структура таких комплексов показана на рисунке 14.3.

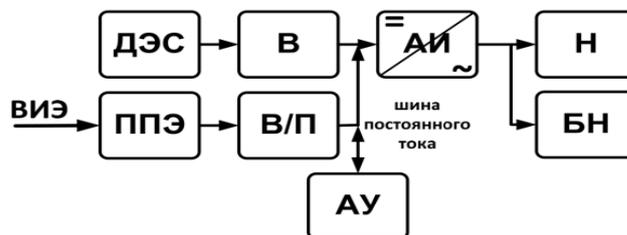
Преимуществом инверторной ДЭС является сокращение расхода топлива в режимах малых нагрузок за счет снижения частоты вращения дизель-генератора.

Обычно в качестве преобразователя напряжения ПН в таких системах используются выпрямительно-инверторные преобразователи частоты (В-АИ). Такие же преобразователи входят в состав современных ветроэлектростанций. Это обстоятельство, а также генерация электроэнергии фотоэлектрическими модулями на постоянном токе определяют возможность объединения энергоисточников гибридной системы на шине постоянного тока с помощью выпрямителей или преобразователей напряжения (В/П).

Шина постоянного тока является конкурентоспособным вариантом построения системы, объединяющей энергоисточники различной физической природы.



Рисунок 14.3 – Гибридный энергетический комплекс с шиной переменного тока и инверторной ДЭС



В/П – выпрямитель или преобразователь напряжения;

А У – аккумулирующее устройство; АИ – автономный инвертор

Рисунок 14.4 – Гибридный энергетический комплекс с шиной постоянного тока

Преимущества шины переменного тока проявляются при построении системы распределенной генерации, обычно имеющей место при интеграции энергоустановок ВИЭ в существующие системы электроснабжения.

*Состав гибридной установки энергообеспечения.* Рассмотрим состав гибридной системы на базе дизель-солнечной электростанции с использованием оптимизатора топливных ресурсов.

*Сетевой солнечный инвертор.* Сетевые инверторы являются одними из основных компонентов системы экономии топлива; разработанные специально для использования в энергосетях низкого напряжения, они прекрасно выдерживают колебания частоты и напряжения. Они также остаются чрезвычайно эффективными в 12 суровых условиях окружающей среды, таких как повышенная или пониженная температура, влажность, соленый воздух и т. д. Существует два типа сетевых инверторов — центральные (central) и цепочечные (string). Оба типа могут быть использованы в гибридной электростанции. Фотоэлектрическая электростанция на центральном инверторе содержит только один силовой ввод в главное устройство, где постоянный ток преобразуется в переменный. В солнечных электростанциях на цепочечных инверторах суммарная мощность фотоэлектрической установки делится на множество подсистем, каждая из которых преобразует постоянный ток солнечных панелей в переменный своим цепочечным инвертором. Оба варианта эффективно работают и выполняют функции управления энергосетью.

*Инверторная подстанция (центральный инвертор).* Выбор между системой на центральных или цепочечных инверторах зависит от множества факторов. Необходимо учитывать и затраты на установку системы, и эксплуатационные расходы. Например, техническое обслуживание системы на цепочечных инверторах не очень трудоемкое даже в труднодоступных районах. Если требуется обслуживание, местные электрики легко могут заменить отдельные инверторы. Однако для централизованной энергосистемы удаленный мониторинг параметров гораздо проще.

*Массив солнечных панелей.* Солнечная энергия вырабатывается солнечными батареями (фотоэлектрическими модулями), которые могут быть установлены на земле или на крыше в зависимости от местных условий. Сетевые инверторы совместимы со всеми типами фотоэлектрических модулей и технологиями, которые в настоящее время доступны на рынке.

*Оптимизатор топливных ресурсов.* Оптимизатор топливных ресурсов обеспечивает идеальное взаимодействие между генераторными установками, фотоэлектрическими системами и нагрузками, управляя необходимым потоком солнечной энергии, поступающим в дизельную энергосистему. Являясь центральным звеном в системе оптимизации потоков энергии, он обеспечивает максимальную безопасность, позволяет сократить расходы на топливо и минимизирует выбросы CO<sub>2</sub>. Наилучшие показатели эффективности системы и экономии топлива достигаются, как правило, при мощности СЭС, равной 60% мощности имеющейся генераторной установки.

Оптимизатор топливных ресурсов состоит из трех модулей:

**Главный модуль контроля солнечной энергосистемы.** Управляет мощностью фотоэлектрической установки, передаваемой в дизельную энергосистему. Обеспечивает оптимальное количество необходимой солнечной энергии путем оценки текущего состояния генераторной установки и общей нагрузки.

**Интерфейсный модуль.** Записывает и передает данные и заданные значения и выступает в качестве интерфейса связи между главным модулем контроля СЭС и инверторами.

**Модуль сбора данных.** Быстро и точно анализирует текущую нагрузку и выходные параметры сети и передает данные в главный модуль контроля солнечной энергосистемы. [55]

*Дизель-генераторная установка.* В регионах, удаленных от централизованных сетей, дизель-генераторные системы часто обеспечивают электроэнергией промышленные предприятия. Они формируют локальную энергосеть, обеспечивая постоянный источник питания для всех подключенных потребителей. Поскольку генераторные установки требуют постоянного снабжения топливом, эксплуатационные расходы на них чаще всего самые высокие. В регионах с частыми отключениями электроэнергии или нестабильными выходными параметрами по частоте и напряжению дизель-генераторные установки часто служат дополнительным источником энергии при отключении электросети.

*Блок управления генераторными установками.* Блок управления генераторными установками – это центральный терминал контроля, управления и синхронизации с другими генераторными установками.

*Аккумуляторный блок.* Для повышения эффективности всей системы энергоснабжения целесообразно включать в нее блок аккумуляторных батарей. Когда солнечная интенсивность недостаточна или требуется дополнительная энергия после наступления темноты, аккумуляторная батарея сможет обеспечивать недостающую мощность, гарантируя оптимальную работу гибридной системы.

*Промышленные потребители и нагрузки.* Конкретные виды потребителей, например мощные промышленные станки для добычи или переработки сырья, а также для сельскохозяйственного использования, как правило, обладают высокими пусковыми токами и широкими колебаниями графика нагрузки. Интеллектуальное управление системой гарантирует, что текущая генерация и нагрузка в любой момент будут подобраны идеально. Система обеспечивает постоянную стабильность, быстро реагируя на скачки генерации и нагрузки, к примеру, когда включаются мощные потребители, такие как промышленные насосы, компрессоры, конвейерные ленты.

*Актуальность использования установки.* Для электрификации мощных промышленных комплексов или поселений в отдаленных регионах идеальным решением будет интеграция в дизель-генераторные установки солнечной электростанции. Это может быть крайне актуально и

целесообразно при следующих условиях: когда стоимость дизельного топлива с учетом доставки и хранения высока за литр. Когда используется блок управления для коммуникации между генераторными установками и фотоэлектрическими подсистемами, который облегчает использование необходимой солнечной энергии. Когда локальная инсоляция позволяет максимально использовать фотоэлектрические системы (особенно экономически выгодные условия с коэффициентом ежегодной генерации выше 1500 кВт\*ч).

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое гибридные системы электроснабжения?
2. Где применяются гибридные системы электроснабжения?
3. Что относится к интеллектуальным гибридным системам электроснабжения?
4. Состав гибридной установки энергообеспечения.
5. Актуальность использования таких установок.

### **Лекция 15. Информационные технологии в управлении производственными процессами**

Содержание лекции:

- понятие информационных технологий и значимость их применения для народного хозяйства;
- перспективы развития информационных технологий для сельского хозяйства.

Цель лекции: ознакомить студентов с инновационными технологиями в сельском хозяйстве.

Как показывает анализ мировых сельскохозяйственных рынков и АПК ряда стран, инновации в сельском хозяйстве занимают значительную часть агропромышленного бюджета. Особенно заметен рост таких расходов в 18 развитых странах. Однако в нашей стране, как это не парадоксально, финансирование снижается, причем не поэтапно, а заметными скачками. В перерасчете за последнее десятилетие финансирование программ, направленных на разработку новых технологий и инновационных проектов, в АПК снизились в два раза на 1 Га.

Основными направлениями в данной сфере считаются биотехнологии и технический прогресс (модернизация). *Биотехнологии* в сельском хозяйстве направлены на увеличение объемов продукции в растениеводстве и животноводстве за счет повышения плодородия почвы, прироста урожайности сельхозкультур, улучшение качества культур, недопущения процессов деградации и разрушения природных экологических систем и среды. *Технический прогресс* или модернизация оборудования и техники направлены на снижение расхода энергоресурсов при выращивании и

переработке сельхозпродукции. Модернизации процессов производства, как в животноводческой сфере, так и растениеводстве – за счет автоматизации и роботизации большинства процессов, что в свою очередь приведет к уменьшению привлекаемых людских ресурсов на производстве. [56]

Создание и функционирование информационных систем в управлении экономикой тесно связано с развитием *информационных технологий* – главной составной частью автоматизированных информационных систем.

*Информационные технологии ИТ* – это совокупность средств и методов информационных процессов (получение, обработка, хранение, передача информации с использованием технических и программных средств). Цель информационно-консультационной службы АПК – достижение конкурентоспособности аграрного сектора посредством содействия сельскохозяйственным товаропроизводителям в повышении эффективности производства и сбыта продукции.

Длительное время сельское хозяйство не было бизнесом, привлекательным для инвесторов в связи с длинным производственным циклом, подверженным природным рискам и большим потерям урожая при выращивании, сборе и хранении, невозможностью автоматизации биологических процессов и отсутствием прогресса в повышении производительности и инноваций. Использование ИТ в сельском хозяйстве ограничивалось применением компьютеров и ПО в основном для управления финансами и отслеживания коммерческих сделок. Не так давно фермеры начали использовать цифровые технологии для мониторинга сельскохозяйственных культур, домашнего скота и различных элементов сельскохозяйственного процесса. Одним из наиболее перспективных направлений повышения эффективности управления сельскохозяйственным производством является использование информационных систем на базе геоинформационных технологий.

*Автоматизированная информационная технология (АИТ)* – совокупность методов и средств сбора, регистрации, обработки, передачи, накопления, поиска и защиты информации на базе применения программного обеспечения, вычислительной техники и средств связи, а также совокупность способов, с помощью которых информация предлагается клиентам.

Подобные системы позволяют решать следующие задачи:

*Информационная поддержка принятия решений:*

- для обеспечения руководителей комплексом необходимой для принятия управленческих решений информации на платформе ГИС создается база данных, содержащая:

- цифровую модель местности, на которой осуществляются агротехнические операции;

- сведения о дистанционном зондировании;

- информацию о свойствах и характеристиках почв;

- карты посевов по годам;

- историю обработки полей и т. д.

Для более эффективного использования агрономическая ГИС должна содержать многослойную электронную карту хозяйства и атрибутивную базу данных истории полей с информацией обо всех агротехнических мероприятиях. Обязательно должны быть включены слои мезорельефа, сведения о крутизне склонов и их экспозиции, микроклимате, уровне грунтовых вод, содержании гумуса в почве и т. д. [57]

#### *Планирование агротехнических операций*

Агротехническое планирование включает в себя следующие виды работ:

- расчет потенциала и эффективности кадров и земельных ресурсов;
- обмер полей (например, путем объезда по контуру с высокоточным GPS-оборудованием с максимальной точностью 1–3 см);
- составление структуры посевных площадей и севооборотов в формате векторной электронной карты;
- анализ потребности в технике и оборудовании;
- расчет необходимого количества удобрений;
- формирование очередности операций обработки почвы, внесения удобрений и средств защиты.

На основе вышеперечисленных данных ежедневно для водителей и механизаторов составляются плановые задания на следующий рабочий день и при необходимости утром в них вносятся изменения.

Планирование, осуществляемое на основе данных ГИС, позволяет сократить (или полностью исключить) простои в работе в случае нехватки кадров или техники, снизить стоимость агротехнических операций на единицу обрабатываемой площади и улучшить показатели урожайности. [58]

#### *Мониторинг агротехнических операций и состояния посевов*

В ходе решения данной задачи осуществляется регистрация всех агротехнических операций, затрат на их проведение, фиксация состояния посевов посредством наземных измерений, экспертных оценок агрономов и данных дистанционного зондирования Земли (аэро- и космических снимков).

Для мониторинга важны данные агрохимического анализа почв по каждому рабочему участку поля. Они могут быть получены двумя способами:

- в результате собственных изысканий с применением пробоотборников и лабораторий по анализу проб;
- в результате агрохимических обследований, выполненных специализированной организацией;

#### *Прогнозирование урожайности культур и оценка потерь*

Система прогнозирования урожайности строится на методах наблюдения за состоянием посевов с учетом влияния природно-климатических условий. Данная технология позволяет отслеживать динамику развития сельскохозяйственных культур, условий вегетации, определять сроки их созревания и оптимальные сроки начала

уборки, проводить экономический анализ при минимальном и максимальном уровнях урожайности стабильно возможных для конкретных условий.

#### *Планирование, мониторинг и анализ использования техники*

Техническая подсистема сельскохозяйственных предприятий также не остается в стороне от использования геоинформационных технологий. Она включает:

- составление графиков использования техники и ее ремонта;
- анализ использования техники и горюче-смазочных материалов (всех перемещений техники, расчет пробега и обработанных площадей);
- определение оптимальных маршрутов движения и транспортировки техники от базы до обрабатываемых полей;
- определение оптимальных маршрутов доставки урожая до пунктов приема;
- контроль за скоростью перемещения техники при выполнении полевых работ;
- определение длины гона или оптимального расстояния между полями и пунктами сдачи сельскохозяйственной продукции по цифровой карте;
- формирование учетных листов трактористов-машинистов;
- формирование путевых листов автотранспорта.

#### *Анализ конечного результата и составление отчетов*

С помощью ГИС удобно проводить анализ всех проведенных агротехнических операций и отображение этой информации в виде карт, таблиц, графиков. Учитывается поступление продукции с полей, реализация зерна с поля и с тока. При этом данные могут собираться как с диспетчерского центра, так и сниматься с электронных весов, установленных на складах или токах. Принимается во внимание расходование пестицидов и удобрений. Изучается объем расходования семян при посеве.

Снизить расходование семян и удобрений становится возможным, например, при сведении к минимуму перекрытий посевных полос, используя систему параллельного вождения.

#### *ИТ в агропромышленном комплексе в мире*

«Роботизация» производства особо актуальна для больших фермерских хозяйств. Совершая полеты над полями, беспилотники с помощью камеры и датчиков позволяют фермерам в режиме реального времени видеть, как выглядит каждое растение, как происходит процесс созревания с/х культур и как изменяется цвет почвы.

«Сельскохозяйственные» беспилотники позволяют создавать электронные карты полей в формате 3D, рассчитывать показатель Normalized Difference Vegetation Index (нормализованный вегетационный индекс) с целью эффективного удобрения культур, инвентаризировать проводимые работы и охранять сельхозугодья. [59]

Примеры работ, которые могут выполняться сельскохозяйственными беспилотниками:

*Анализ состояния почвы.* С помощью камер и специально

установленных на БПЛА датчиков фермеры анализируют состояние почвы на различных участках и определяют, на каких из них наиболее целесообразно проводить посадку семян.

*Посадка семян.* На рынке можно найти ряд стартапов, которые предлагают сажать растения с помощью специальных дронов, выстреливающих в почву капсулами с семенами (рисунок 15.1). Примером подобного стартапа является BioCarbon Engineering, который громко заявил о себе весной 2015 года, когда объявил о своих планах сажать в будущем до 1 млрд деревьев в год.



Рисунок 15.1 – Дрон, сажающий деревья

*Беспилотные тракторы в сельском хозяйстве.* Компания Case IH совместно с CNH Industrial представила летом 2017 года беспилотный трактор, который может выполнять основные сельскохозяйственные работы. У трактора Case IH Magnum нет кабины, где бы мог сесть водитель (рисунок 15.2).



Рисунок 15.2 – Беспилотные тракторы

*IoT-система для мониторинга состояния здоровья поголовья на свинофермах.* В ноябре 2017 года стало известно о создании в США системы интернета вещей (IoT), позволяющей дистанционно следить за состоянием

здоровья поголовья на свинофермах. Решение предусматривает крепление специальных бирок к ушам свиней. С помощью разнообразных датчиков они следят за температурой тела и передвижениями животных для оценки их самочувствия и готовности к размножению. Информация с датчиков передается в облако, где она анализируется, после чего обработанные сведения отправляются обратно сотрудникам свинофермы.

*Географическая информационная система (GIS – ГИС)* – это программное обеспечение, позволяющее обрабатывать и показывать пространственную информацию, компьютеризировать и составлять электронные карты. Географическая информационная система позволяет обрабатывать и анализировать различные пространственные данные, интегрированные в цифровом виде.

- Датчики для дистанционных измерений и бортовые датчики для приведения в действие исполнительных частей машинного агрегата.

Дистанционные датчики служат для измерения температуры и влажности почвы, определения состояния растений (наличие сорняков, болезней и вредителей), урожайности посевов и проч. Действие дистанционных датчиков основано на применении лазерно-радарных, ультразвуковых, электромагнитных установок, использовании инфракрасных волн, спектрофотометров, визуальных телекамер, атомных резонаторов и т. д. Бортовые датчики служат для мониторинга урожая, определения нормы высева семян, внесения удобрений, ядохимикатов, воды, извести; места нахождения и скорости движения техники; замера технических параметров движения машин (буксования, тяги и проч.). Так, первые комбайны фирмы «Массей-Фергюсон» были оборудованы приемниками-антеннами, принимающими сигналы со спутников, с автоматическим устройством для мониторинга урожайности. Совмещая информацию о местонахождении комбайнового агрегата и мониторинга урожайности, можно узнать урожайность в любой точке поля в любое время. [60]

*Дорожная карта FoodNet (Умное сельское хозяйство).* Интеллектуальный рынок производства и распределения пищи и продуктов с индивидуальной логистикой.

#### **Контрольные вопросы**

1. Что такое информационные технологии в сельском хозяйстве?
2. Что относится к автоматизированной информационной технологии?
3. Географическая информационная система (GIS – ГИС) в сельском хозяйстве.
4. Примеры работ, которые могут создавать «сельскохозяйственные» беспилотники.

## Заключение

Антропогенное загрязнение атмосферы в последние десятилетия приобрело глобальный характер. Источниками загрязнения атмосферы служат теплоэнергетика, промышленность, нефте- и газопереработка, транспорт, сельское хозяйство.

Каждый из этих источников, каждая отрасль производства связаны с выбросами тех или иных веществ.

Современная энергетика — крупная высокоразвитая отрасль промышленности, тесно связанная со всеми отраслями экономики. На рисунке 15.3 приведены основные направления использования первичной энергии в ряде стран мира.

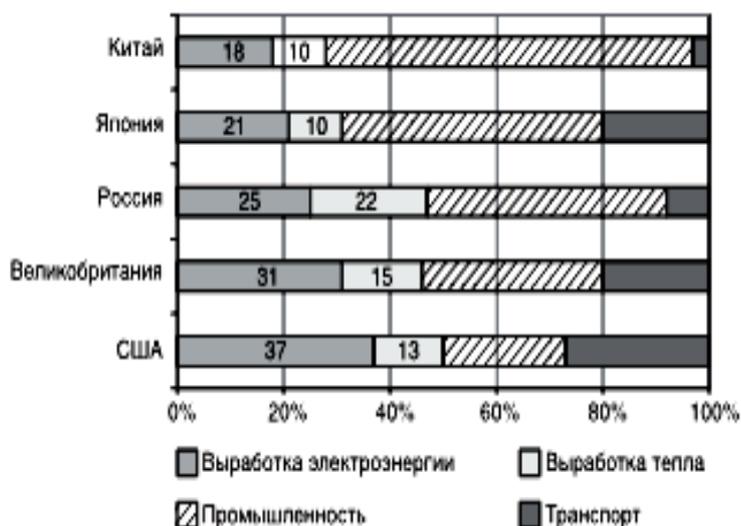


Рисунок 15.3 – Использование первичной энергии в разных странах, %.

Предприятия, вырабатывающие энергию, различные потребители энергии, а также предприятия, добывающие и перерабатывающие природные ресурсы для энергетики, объединены в ТЭК, одним из результатов функционирования которого является отрицательное воздействие на биосферу. Воздействие энергетики на биосферу проявляется на всех стадиях производства энергии: при извлечении и транспортировке ресурсов, при производстве, передаче и потреблении энергии.

Например, извлечение угля связано с изменением ландшафта, с образованием шахт, карьеров, отвалов; транспорт угля — с потерями, рассеиванием твердых частиц в почву и атмосферу. При сжигании органического топлива образуются оксиды углерода, серы, азота, соединения свинца, сажа, углеводороды, в том числе канцерогенные (например, бенз(а)пирен  $C_{20}H_{12}$ ) и другие вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии. Передача электроэнергии приводит к образованию мощных электромагнитных полей вблизи линий электропередачи. Работа энергетических установок неизбежно связана с выбросами тепловой энергии.

Кроме того, из пользования изымаются большие площади земель, особенно при сооружении гидроэлектростанций.

Воздействие тепловых электростанций ТЭС на окружающую среду зависит от используемого топлива. При сжигании твердых видов топлива в атмосферу поступают летучая зола, частицы несгоревшего топлива, сернистый и серный ангидриды, окислы азота, фтористые соединения. В золе содержатся разные токсичные соединения — мышьяк, двуокись кремния, оксид кальция и другие. Использование жидких видов топлива (мазатов) исключает из отходов производства только лишь золу. При этом отпадает проблема золоотвалов, которые занимают значительные территории и являются источником постоянных загрязнений атмосферы в районе станции. При сжигании природного газа существенным загрязнителем являются окислы азота, но в среднем они на 20% ниже, чем при сжигании твердых видов топлива. Это объясняется не только свойствами самого топлива, но и особенностями его сжигания. Таким образом, экологический ущерб от вредных воздействий ТЭС на окружающую среду в случае использования газа будет минимальным в сравнении с другими видами топлива.

Электроэнергетика лидирует по суммарным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу. Ее доля в суммарных выбросах загрязняющих веществ промышленности от стационарных источников достигла в 2003 г. 21,7%. В 2005 г. выбросы загрязнителей составили 5,37 млн т, что ниже уровня 1990 г. на 2,3 млн т. В 1999 г. выбросы загрязнителей составили 3,9 млн т, что ниже уровня 1998 г. на 56 тыс. т. Сохранение устойчивой тенденции сокращения выбросов обусловлено увеличением до 64% доли природного газа в структуре топливно-энергетического баланса (ТЭБ). Кроме того, повышается экологическая культура эксплуатации тепловых станций, осуществляется внедрение на ТЭС технологий, направленных на повышение эффективности действующих золоулавливающих установок. В целях обеспечения нормативной базы по снижению воздействия на атмосферу от энергетических установок разработан и введен в действие ГОСТ Р 50831–95 «Установки котельных. Техническое оборудование. Общие требования», в котором установлены нормативы удельных выбросов для вновь вводимых котельных установок, соответствующие мировым стандартам.

## Список литературы

1. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Вербицкая С.В., Гарькавый К.А. Проектирование систем энергообеспечения: учебник для студентов вузов по направлению «Агроинженерия» / Под ред. Р.А. Амерханова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 548 с.
2. [gosthelp.ru/text/Terminyopredeleniyavelek.html](http://gosthelp.ru/text/Terminyopredeleniyavelek.html) Термины и определения в электроэнергетике. – Д.т.н., профессор В.В. Красник. Справочник.
3. [docs.cntd.ru/document/1200005816](http://docs.cntd.ru/document/1200005816) Межгосударственный стандарт Энергетика и электрификация. Термины и определения
4. <https://leg.co.ua/arhiv/raznoe-arhiv/elektroenergiya-osnova-selskogo-hozyaystva.html> Электроэнергия – основа сельского хозяйства
5. [http://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf\\_e\\_i\\_apu/29/umm/eiapu\\_1.htm](http://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf_e_i_apu/29/umm/eiapu_1.htm)
6. Основы современной энергетики: учебник для вузов: в 2 т./ под общей редакцией чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. Том 2. Современная электроэнергетика/ под ред. Профессоров А.П. Бурмана и В.А. Строева.
7. А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие. – Ростов н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2006.
8. Лыкин А. В. Электрические системы и сети: Учебное пособие. – М.: Логос-М, 2007. – 254.
9. Файбисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей. – М.: ЭНАС, 2006 – 352 с.
10. Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. Электрооборудование электрических станций и подстанций / 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 448 с.
11. Лыкин А.В. Электрические системы и сети : Учебник . – М. : Юрайт, 2019. – 364 с.
12. Климова Г. Н. Электрические системы и сети. Энергосбережение: Учеб. пособие для СПО. Томский политехнический ун-т. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2020. – 180 с.
13. Лыкин А. В. Электроэнергетические системы и сети: Учебник для вузов / Новосибирский государственный технический университет. – М.: Юрайт, 2020. – 360 с.
14. Ушаков В.Я. Электрические системы и сети: Учеб. пособие / Томский политехнический ун-т. – М.: Юрайт, 2019.
15. <https://gigabaza.ru/doc/157495-pall.html>
16. <https://www.elec.ru/library/nauchnaya-i-tehnicheskaya-literatura/elektricheskie-sistemy-i-seti/>
17. <https://obuchalka.org/20191113115506/kabelnie-i-vozdushnie-linii-elektroperedachi-badalyan-n-p-2019.html>
18. Ларюшин Н. П. Сельскохозяйственные машины: Учебная

литература. – 2011.

19. <https://avidreaders.ru/book/selskohozyaystvennyye-mashiny.html>
20. Капустин В.П., Ю.Е. Глазков. Сельскохозяйственные машины / Учеб. Пособие. – М.: ИНФРА-М, 2015.
21. Теплотехника: Учебник для СПО. Т. 2: Энергетическое использование теплоты / Под ред. В.Л. Ерофеева, А.С. Пряхина. – М : Юрайт, 2020. – 200 с.
22. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Теплотехника, учебник для вузов.
23. <https://narfu.ru/university/library/books/2312.pdf>
24. <https://en-res.ru/stati/pue-kategorii-elektrosnabzheniya-potrebitelej.html>
25. Козловская В.Б. Электрические освещение. – Мн.: «Техноперспектива», 2011.
26. Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: «Форум», 2009.
27. [https://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf\\_epp/54/umm/epp\\_1.htm](https://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf_epp/54/umm/epp_1.htm)
28. [https://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf\\_epp/79/umm/epp\\_1.pdf](https://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf_epp/79/umm/epp_1.pdf)
29. <https://elib.gstu.by/bitstream/handle/220612/23810/ehlektricheskoe-osveshchenie.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
30. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: КолосС, 2008.
31. Бодин А.П. Электроустановки потребителей. – М.: Энергосервис, 2008.
32. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение. Учебное пособие. – М.: РадиоСофт, 2010.
33. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан. – Алматы, 2007.
34. Воробьев В.А. Электрификация и автоматизация сельскохозяйственного производства. – М.: Колос, 2005.
35. Абрамова Е.Я. Расчет нагрузок сельских электрических сетей. – Оренбург, 2004.
36. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для сред. проф. образования. – М., 2004.
37. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «ФОРУМ-ИНФРА-М», 2009.
38. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник. 6-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2008. – 640 с.
39. М.В. Башкиров, С.А. Бугубаев. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем: Учеб. пособие. МОиН РК, НАО АУЭС. – Алматы: АУЭС, 2010. – 102 с.
40. М. В. Башкиров, Мерекенов М.Д. «Основы релейной защиты». / Конспект лекций для студентов специальностей 5В071800 – Электроэнергетика, 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства. – Алматы: АУЭС, 2019. – 68 с.
41. [https://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf\\_epp/66/umm/epp\\_1.pdf](https://libr.aues.kz/facultet/eef/kaf_epp/66/umm/epp_1.pdf)

42. <http://www.electrolibrary.info/textbook/27-uchebniki-po-releynoy-zaschite-i-avtomatike.html>
43. <https://yandex.kz/turbo/oboiman.ru/s/teplo/kak-sdelat-biotoplivo-samostoatelno-tverdoe-gazoobraznoe-zidkoe.html>
44. <https://energolesprom.ru/stati/pererabotka-drevesnoy-chepy-opilok/>
45. <https://energolesprom.ru/stati/piroliznoe-oborudovanie-po-pererabotke-otxodov/>
46. [http://sisupr.mrsu.ru/2012-4/PDF/Potapov\\_Grechishnikova.pdf](http://sisupr.mrsu.ru/2012-4/PDF/Potapov_Grechishnikova.pdf)  
ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
47. <http://elib.baa.by/xmlui/bitstream/handle/123456789/1894/ecd2424.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ОСНОВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ
48. <http://www.kgau.ru/new/all/konferenc/konferenc/2018/e15.pdf>
49. Мукажанов В.Н. Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. АУЭС. Алматы, 2011. – 80 с.
50. Сырлыбаев Р.С. Казанина И.В. Нетрадиционные источники энергии: Учебное пособие. – Алматы, АУЭС. 2011. – 80 с.
51. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Альтернативные источники энергии. – М.: ИП РадиоСофт, 2014. – 248 с.
52. <http://aenergy.ru> – альтернативная энергия, альтернативная энергетика – новости, статьи..
53. <http://alternativenergy.ru> – альтернативная энергетика, альтернативные источники энергии.
54. <https://www.rts-tender.ru/poisk/gost/r-56124-2-2014> Возобновляемая энергетика. Гибридные электростанции на основе возобновляемых источников энергии, предназначенные для сельской электрификации. Рекомендации.
55. [https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/espp/literatura/Tab2/Lukutin\\_S\\_elsnab.pdf](https://portal.tpu.ru/departments/kafedra/espp/literatura/Tab2/Lukutin_S_elsnab.pdf) Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями.
56. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2019. – 48 с.
57. <https://research-journal.org/agriculture/cifrovye-texnologii-upravleniya-selskim-hozyajstvom/>
58. Цифровизация в сельском хозяйстве: технологические и экономические барьеры в России [Электронный ресурс]. URL: -hozyaustve-technologicheskie-i-ekonomicheskie-barery-v-rossii-20170913024550 (дата обращения 14.06.2019).
59. <https://integral-russia.ru/2020/07/30/tsifrovaya-platforma-razvitiya-agropromyshlennogo-kompleksa-kontseptsiya-i-osnovnye-tezisy/>
60. Обзор цифровых технологий для агропромышленного комплекса: от ГИС до интернета вещей

## Содержание

	Введение	3
1	Лекция №1. Основные понятия, термины и определения	5
2	Лекция №2 . Теория развития электричества. Электроэнергетика	10
3	Лекция №3. Производство, передача и преобразование электрической энергии	16
4	Лекция №4. Распределение электрической энергии	23
5	Лекция №5. Создание и эффективное использование современных сельскохозяйственных машин	30
6	Лекция №6. Применение тепла в сельском хозяйстве	37
7	Лекция №7. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Принцип действия и виды основных электроприёмников	41
8	Лекция №8. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Электрическое освещение	47
9	Лекция № 9. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Электроснабжение промпредприятий и сельского хозяйства	52
10	Лекция №10. Потребление электрической энергии и электроснабжение. Релейная защита	59
11	Лекция №11. Биоэнергетика в энергообеспечении сельского хозяйства	66
12	Лекция №12. Концепция энерго- и ресурсосбережения в сельском хозяйстве	75
13	Лекция №13. Возобновляемые источники энергии для сельского хозяйства	85
14	Лекция №14. Возобновляемые источники энергии для сельского хозяйства. Гибридные системы электроснабжения.	97
15	Лекция №15. Информационные технологии в управлении производственными процессами	104
	Заключение	110
	Список использованной литературы	112

Ефимова Ольга Николаевна  
Сагындикова Айгул Журсиновна

## **ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ**

Конспект лекций для студентов, обучающихся по образовательной программе 6В08701 – «Энергообеспечение сельского хозяйства»

Редактор:

Жанабаева Е.Б.

Специалист по специализации:

Ануарбек Ж.А.

---

Подписано в печать \_\_\_\_\_

Тираж 100 экз

Объем 8,0 уч.-изд.л

Формат 60×84 1/16

Бумага типографская № 1

Заказ \_\_\_\_ Цена 4000 тг

Копировально-множительное бюро  
некоммерческого акционерного общества  
«Алматинский университет энергетики и связи»  
г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1